3 1761 05230898 8

7
G-339

DIE WISSENSCHAFT
SAMMLUNG VON EINZELDARSTELLUNGEN AUS DEN GEBIETEN DER NATURWISSENSCHAFT UND DER TECHNIK
BAND 61

Geologischer Bau und Landschaftsbild

Von

Dr. Karl Sapper
Professor der Geographie an der Universität Straßburg i. E.

BRAUNSCHWEIG
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDR. VIEWEG & SOHN
1917

Die Atitlan-Vulkane: Aufschüttungskegel, links der große Atitlan 3525 m; rechts davon der mittlere und nördliche Atitlan (auf dem Bild wie ein Berg erscheinend) 3153 bzw. 3130 m; davor der Staukegel Cerrito de Oro (1820 m) am Atitlan-See (1500 m) in Guatemala. Die von den Baumkronen niederhängenden Tillandsien deuten auf Häufigkeit feuchter Nebel an der Aufnahmestelle hin. Aufnahme von G. Hurter.

Geologischer Bau und Landschaftsbild

Von

Dr. Karl Sapper

Professor der Geographie an der Universität Straßburg i. E.

Mit 16 Abbildungen

567145
28.7.53

BRAUNSCHWEIG

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDR. VIEWEG & SOHN

1917

Alle Rechte vorbehalten.

QB
52
S3
1917

Copyright, 1917, by Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, Germany.

Vorwort.

Vorliegende Schrift ist aus einer Vorlesung hervorgegangen, die ich an der Universität Straßburg vor einem weiteren Kreise von Zuhörern gehalten hatte. Wie ich damals meinen Hörern eine Vorstellung von der Vielgestaltigkeit der Landschaftstypen der Erde und von der Rolle des geologischen Baues und der geomorphologischen Vorgänge in den einzelnen Gebieten durch das gesprochene Wort und erläuternde Lichtbilder zu geben trachtete, so soll nun dies Büchlein durch das geschriebene Wort und einige beigegebene Abbildungen versuchen, einem weiteren Leserkreis denselben Dienst zu tun und zugleich zur Beobachtung in der Natur anzuregen.

Leider war es nicht möglich, so viele Abbildungen zu bringen, daß alle wichtigeren Landschaftstypen darin vertreten wären; ich habe mich daher auf eine Auswahl von Bildern aus weniger bekannten Gebieten beschränkt in der Überzeugung, daß der Leser von der Mehrzahl der übrigen Landschaftstypen aus leicht zugänglichen Zeitschriften oder Büchern sich selbst eine genügende Vorstellung machen könne. (So bieten z. B. die verschiedenen Jahrgänge der Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins für Hochgebirgs- und Gletscherlandschaften reichstes Studien- und Anschauungsmaterial, in die mittelmeerische Landschaft

führen trefflich ein A. Philippson's „Mittelmeergebiet", Leipzig 1904, oder J. Ponten's „Griechische Landschaften", Stuttgart 1914 u. dgl. m.)

Für Überlassung eigener Aufnahmen für die Zwecke dieses Buches bin ich den Herren Professor Dr. E. Bresslau und Dr. A. Hemmer in Straßburg i. E., G. Hurter in Quezaltenango, Professor Dr. F. Plieninger in Hohenheim und Professor Dr. E. Stromer v. Reichenbach in München zu wärmstem Dank verpflichtet.

Straßburg i. E., den 29. Januar 1917.

K. Sapper.

Inhaltsverzeichnis.

I. Allgemeiner Teil.

Seite

1. Das Landschaftsbild 1
2. Die Veränderlichkeit des Landschaftsbildes 9
3. Die Elemente der Landschaft 19
   a) Biologische Elemente 20
   b) Unorganische Elemente 28
4. Die Grundformen oder primären Strukturformen 33
   a) Die eruptiven Grund- oder Strukturformen 34
   b) Die tektonischen Strukturformen 43
   c) Die epirogenetischen Krustenbewegungen 49
5. Abtragung und Aufschüttung 51
6. Die hydrologischen Deckgebilde 76
   a) Das Wasser in fester Form 77
   b) Das Wasser in tropfbar-flüssiger Form 83
7. Das Hüllgebilde der Erde 87

II. Besonderer Teil.

Einleitung 97

1. Regenfeuchte Tropenlandschaft 103
2. Die offene Tropenlandschaft 115
3. Tropische und subtropische Wüsten- und Halbwüstenlandschaft 124
4. Die feuchte Landschaft der gemäßigten Zone 140
5. Steppen und Wüsten der gemäßigten Zone 154
6. Das Hochgebirge der mittleren und niederen Breiten . . 161
7. Die subpolare und polare Landschaft 172
8. Meeres- und Küstenlandschaften 188

Register 205

I. Allgemeiner Teil.

1. Das Landschaftsbild.

Das Landschaftsbild des Künstlers gibt im allgemeinen in Farben und Linien wieder, was derselbe von einem bestimmten Standpunkte aus sieht; er pflegt den Standpunkt so zu wählen, daß die Einzelelemente der Landschaft, die er in sein Bild aufnehmen will, einen möglichst schönen und harmonischen Eindruck im Beschauer hervorrufen oder den in den Formen und Gegenständen, in Luft und Licht ruhenden Stimmungsgehalt voll zum Ausdruck bringen. Der Maler sucht vornehmlich die Schönheit oder eine besondere Stimmung der Landschaft im Bild wiederzugeben, und wenngleich viele Künstler außerdem auch dem Ziele nachstreben, der Forderung der Wahrheit gerecht zu werden, so beobachtet man doch in sehr vielen Fällen, daß der künstlerischen Wirkung zuliebe gewisse Dinge „unterstrichen" werden, während andere, an sich vielleicht gar nicht unwesentliche, übergangen, wieder andere aber sogar im Gegenteil frei hineinkomponiert werden. Über die Berechtigung dieses Vorgehens zu urteilen, ist Sache der Künstler und Kunstkritiker, nicht die meinige; doch kann ich die Bemerkung nicht unterdrücken, daß mir persönlich das Gefühl der tatsächlichen Unwahrheit beim Anblick solcher Gemälde oft recht schmerzlich gewesen ist. Am schmerzlichsten vielleicht empfand ich es, als ich einst im Hotel zu Williams (Arizona) an den Wänden zahlreiche Gemälde und kolorierte Photographien des Gran Cañon sah, auf denen die verschiedenen Formationen mit intensiven grünen und roten Farben unterschieden waren, während ein Blick zum Fenster hinaus mir die ungemein zarten Töne derselben in dem unvergleichlich großartigen Landschaftsbild unmittelbar vor Augen führte und mich zur Über-

zeugung brachte, daß gerade die Zartheit der Farben im Beschauer wenigstens eine Ahnung der ungeheuren Verhältnisse dieses gigantischen Bildes erwecke, während die satten Farben, welche die Maler im Bedürfnis des Unterstreichens in die Bilder gesetzt hatten, meines Erachtens in diesem Falle geradezu eine raumverengende Wirkung haben, da sie auch bei besonderen Beleuchtungen auf so viele Kilometer Entfernung nie so kräftig erscheinen können.

Wenn der wissenschaftliche Reisende oder der Geograph es versucht, ein Landschaftsbild zu entwerfen, so muß für ihn jedenfalls die Wahrheit das erste und wichtigste Ziel sein. Wohl wird auch er es sich oft nicht nehmen lassen, die ästhetische Wirkung des Bildes zu würdigen, aber sie wird ihm im allgemeinen nicht zur Hauptsache werden; und darum sind auch die Anforderungen an die tatsächliche Wahrhaftigkeit bei ihm viel strenger als beim Künstler. Dem Geographen muß es oberster Grundsatz sein, die wesentlichen Charakterzüge des Bildes hervorzuheben, gleichviel ob sie ihm schön oder unschön erscheinen, und sie so zu schildern, daß im Leser eine der Wirklichkeit möglichst nahekommende Vorstellung der tatsächlichen Erscheinungen hervorgerufen werde.

Oft kann der Reisende, nicht selten auch der darstellende Geograph sich damit genügen lassen, die bedeutsamen Züge einer Landschaft möglichst anschaulich zu beschreiben, aber nicht selten steckt er sich auch ein höheres Ziel: er blickt in die Vergangenheit und in die Zukunft dieser Landschaft hinein und erklärt uns damit die gegenwärtige Erscheinung derselben. Während dem Maler hauptsächlich das Zusammenstimmen von Formen, Licht und Farben in der Natur wichtig ist und sein Pinsel die Dinge naiv und sinnlich wiedergibt, auch der Reisende oft, namentlich in noch nicht untersuchten fremden Gebieten, sich damit bescheiden muß, wiederzugeben, was seine Sinne erkennen, wird man vom Geographen, der eine bereits im einzelnen erforschte Landschaft schildert, erwarten dürfen, daß er nicht nur die wesentlichen Formen und sonstigen Gegenstände derselben beschreibe, sondern auch erkläre, warum sie ihre tatsächliche Gestaltung besitzen, oder auch, da sie doch etwas Gewordenes sind, welche besonderen Vorgänge und Entwickelungsreihen zu ihrer gegenwärtigen Ausbildung geführt haben. So gewinnt die Landschaftsschilderung

eine viel weitere Bedeutung: nicht bloß das Seiende an sich, sondern auch sein Werdegang und die Ursachen der Gestaltungswandlungen sollen sich durch dieselbe enthüllen; das kausale Moment soll neben der sinnlichen Auffassung Berücksichtigung finden. Freilich muß das Wichtigste immer die anschauliche Schilderung des Tatsächlichen bleiben; die Erklärung darf sich nicht aufdringlich und störend anschließen, sondern muß organisch mit dem Bild verbunden sein, aus seiner Schilderung hervorwachsen.

Aber nicht nur das Ziel der Landschaftswiedergabe ist beim Künstler und beim Geographen verschieden, sondern auch das Darstellungsmittel, denn der Künstler arbeitet mit Stift und Pinsel, der Geograph — abgesehen von der kartographischen Wiedergabe — mit der Feder: er schildert mit Worten. Wohl verschmäht auch er Zeichenstift und Pinsel oder in neuerer Zeit den Photographenapparat nicht, aber die so gewonnenen Einzelbilder sind meist nur zur Unterstützung der Wortschilderung gedacht, selten dienen sie als Untersuchungsmittel, wie etwa A. Stübels bewunderungswürdige Andenzeichnungen, oder sind zugleich Kunstwerke, wie Pechuel-Lösches stimmungsvolle Farbenskizzen.

Es ist nicht zu verkennen, daß das Kunstwerk im allgemeinen weit verständlicher ist als die Naturschilderung, denn der Maler bleibt in der Wiedergabe der Farben und Formen dem Wortschilderer stets überlegen; die Zeichnung ist immer bestimmt, während die Wortschilderung nur Erinnerungen wachrufen kann und darum vielfach unbestimmt bleibt. Der Künstler zeigt auf engem Raum gleichzeitig die wichtigsten Züge einer Landschaft, der Schilderer kann nur zeitlich nacheinander bringen, was räumlich beisammen ist. Aber der Schilderer gibt nicht bloß einen Ausschnitt aus der umgebenden Natur, wie es der Maler tut, der von einem Standpunkt aus die Landschaft betrachtet, sondern er ist in der Lage darzustellen, was er von verschiedenen Punkten aus oder gar während einer ganzen ausgedehnten Reise in Zeit und Raum erblickt hat. Ja, er braucht sich nicht auf das zu beschränken, was das Auge erblickt — wie der Künstler es tun muß —, sondern er darf in seine Schilderung auch aufnehmen, was seine übrigen Sinne wahrnehmen, vor allem Gehör, Geruch und Gefühl, während der Geschmack wohl nur selten

unmittelbar angeregt wird; ja, er darf noch weiter gehen und der Ideenassoziationen gedenken, die das Bild in ihm auslöste, soweit sie nicht allzu persönlich sind: gar manches Mal wird durch wissenschaftliche Assoziationen unser Interesse an dem Bild und unser Verständnis dafür ganz wesentlich gehoben.

Das Ohr wird ungemein häufig und in oft sehr charakteristischer Weise in bestimmten Gegenden in Anspruch genommen. Das Donnern der Brandung und das Rauschen und Schlürfen der zurückfließenden Wasser und mitgerissenen Sande sind z. B. nicht minder kennzeichnend für so manches Bild einer Südseeküste, als der blendende Schaum der sich brechenden Wogen, der weiße Kalksandstreifen des Strandes, die graziösen Kokospalmen, die gewundenen Pandaneen oder die kühn nach dem Meeresspiegel hinausgreifenden Kallophyllen am Rande desselben; von einem Flußbild mit nahem Raddampfer ist untrennbar das Gebrause der Schaufeln; zum Wasserfall gehört das Donnern der niederstürzenden Massen; und das unheimliche Knallen vor Kälte platzender Bäume im nördlichen Sibirien oder aufbrechender Gletscherspalten in unserem Hochgebirge charakterisiert diese Landschaften nicht minder eindrucksvoll als das, was sie dem Auge bieten. Das Zirpen der Zykaden am Abend in der Tropenlandschaft, das aufdringliche Schreien der Papageien in der amerikanischen Steppe, der scharfe Ruf des Jaguars oder das furchtbare Geschrei der Brüllaffen kennzeichnen die betreffenden Landschaften ebenso treffend wie die Bilder, welche die Netzhaut des Auges auffängt. Ja, das Ohr vermittelt gar manches Mal ganz bestimmte landschaftliche Eindrücke selbst in Fällen, wo das Licht, diese Vorbedingung jeglichen Sehens überhaupt, mangelt, so das leise Rascheln des Windes in den Blättern, das geheimnisvolle Knacken der Büsche, wenn das Wild sich hindurchschleicht, das ferne Rufen vereinzelter Tiere oder das Krachen niederbrechender Äste, die bald darauf rauschend ins Unterholz niederstürzen, im nachtdunklen Urwald, oder das rhythmische, klingende Aufschlagen schwerer Tropfen und der Flügelschlag aufgescheuchter Fledermäuse in finsteren Höhlen u. dgl. m.

Nächst den Gehöreindrücken sind auch die Geruchsempfindungen sehr häufig geradezu typisch: der Heuduft unserer sommerlichen Wiesen, der Dunggeruch, den sie im Spätherbst verbreiten, der Erdgeruch frischgeackerter Felder in unserer

Kulturlandschaft, das eigenartige Nebeneinandervorkommen intensiven Modergeruchs und köstlichsten Orchideenduftes in manchen Waldniederungen Mittelamerikas, der Fischgeruch isländischer Küstenplätze, die schwefligen Dämpfe von Fumarolen oder Vulkanausbrüchen und dergleichen kennzeichnen gewisse Landschaften in so ausgezeichnetem Maße, daß oft bei nur leisem Anklingen ähnlicher Geruchsempfindungen vor unserem geistigen Auge alsbald wieder mit überraschender Deutlichkeit die Bilder auftauchen, bei deren Anblick wir einst eben diese Duftwellen verspürt hatten! (Wie oft erhellt nicht auch im gewöhnlichen Leben der Duft einer Rose, einer Jasminlaube, einer blühenden Linde urplötzlich Erinnerungsbilder aus unserem früheren Leben mit blitzartiger Plötzlichkeit und Helligkeit!)

Auch das Gefühl vermittelt uns nicht selten typische Züge gewisser Landschaften: das Wärmegefühl, das uns in sonndurchglühter subtropischer Steppe durchdrungen, das frostigfeuchte Kältegefühl, das wir inmitten des Treibeises auf polaren Meeren verspürt, die wohltuende Empfindung, welche feuchte Urwaldluft auf die in langer Savannenwanderung ausgetrockneten Nasenschleimhäute auslöst, das Gefühl des Einsinkens im Sand der Dünen, oder im Moos der Tundren oder der Nebelwälder, im schwankenden Boden der Moore oder des noch unheimlicheren Quicksandes, das Gefühl des Sandes im Auge und auf den Zähnen, wie es sich nach Stürmen in Wüstengegenden einzustellen pflegt, kennzeichnet dem, der es einmal wissentlich empfunden hat, oft nicht minder scharf die betreffende Landschaft, als die sichtbaren Züge des dazugehörigen Bildes an sich. — So werden denn in Landschaftsschilderungen gewöhnlich nicht nur die vom Auge, sondern auch die von den anderen Sinnesorganen empfangenen Eindrücke wiedergegeben, und wenn man ein „Landschaftsbild“ im Sinne des Künstlers etwa erklären kann als eine für die Bildzwecke getroffene Auswahl aus der Summe der Eindrücke, die das Auge von einem bestimmten Standpunkte aus von einer Landschaft empfängt, so darf man wohl als Landschaftsbild im Sinne des Geographen verstehen die Summe der wesentlichen Eindrücke, welche die Sinne von einer Landschaft — von einem oder mehreren Standpunkten aus — erhalten. Eine Auswahl der für die Darstellung zu verwertenden Eindrücke treffen also beide, und sie müssen sie treffen, weil absolute Vollständigkeit nicht erreichbar

und zudem der Entstehung des Bildeindruckes hinderlich wäre, aber die Auswahl erfolgt bei beiden nach sehr verschiedenen Grundsätzen. Von den Eindrücken aber, die der Naturschilderer in seiner Darstellung verwertet, pflegen die durch das Auge vermittelten so sehr über die übrigen Sinneseindrücke zu überwiegen, daß der Ausdruck „Bild" immerhin noch angeht, wenngleich der Begriff bereits ein weiterer ist.

Einen bedeutsamen Unterschied zwischen dem Landschaftsbild des Künstlers und dem des Naturschilderers bewirkt der Umstand, daß ersteres naturgemäß nur ein Momentbild ist, während letzteres auch der Bewegung gerecht werden kann und muß, die in dem dargestellten Stück der Natur zur entsprechenden Zeit sich abspielt. Das Wogen des Nebels im Gebirge, die ruhelosen Wellen des Meeres, das Jagen der gewaltigen Sand- und Staubwolken im Wüstensturm, das Aufsteigen und Vergehen der Fumarolendämpfe, das Fließen der Lawinen, das Kalben der Gletscher und den dadurch verursachten Aufruhr des Meeres, oder auch das „Geigen" der Mücken an schönen Sommerabenden, das ruhige Kreisen der Raubvögel hoch oben in der Luft, das unheimliche Kriechen der Schlangen oder ihr Emporklettern an Bäumen in prachtvollen weiten Windungen, das pfeilschnelle Schwimmen tiefblauer Riffische oder das ruhelose Tentakelspiel festsitzender Polypen warmer Meere kann ein geschickter Naturschilderer vielleicht wirkungsvoll zeigen, der Maler mit all seinen sonst so viel eindrucksvolleren Mitteln aber höchstens andeuten. Am meisten ist mir dies Versagen der bildenden Kunst bei Darstellungen des großartigsten Schauspiels, das die Natur bietet, aufgefallen: bei Darstellungen von Vulkanausbrüchen; nur wenige künstlerische Bilder solcher Vorgänge haben in mir einen kräftigen Wiederhall der ungeheuren Majestät und der die Ohnmacht alles menschlichen Wirkens und Könnens aufs schlagendste beweisenden Wucht und Großartigkeit derartiger Naturvorgänge zu erwecken vermocht, und in keinem sah ich die Herrlichkeit der Erscheinungen selbst auch nur annähernd zum Ausdruck gebracht; überlegen ist bei solchem Vorwurf hinsichtlich der Naturtreue vielfach die Photographie: gar manche der Aufnahmen, die z. B. A. Lacroix von den Ausbrüchen des Mont Pelé gemacht hat, geben eine richtige Vorstellung von der niederdrückenden Größe derartiger Vorgänge; und doch — wie arm sind auch sie gegen die lebendige Natur,

gegen diese nimmer ruhende Bewegung in der Riesenwolke, dieses Wirbeln und Drängen, das Hervorschießen neuer Protuberanzen, das Weiten und Wachsen des Ganzen, den Wechsel der Farben vom blendenden Weiß zu bleiernem Grau und tiefem Schwarz, das Jagen der Blitze, das Aufleuchten roter und grüner Lichtkurven, das unaufhaltsame, gewaltige Aufwärts- oder Vorwärtsdrängen der blumenkohlartig geformten Riesenmassen! Noch fehlt, so weit ich sehe, in der Literatur die Wortdarstellung, die das ungeheure Schauspiel in seiner ganzen Größe den vielen anschaulich machte, die es nicht in Wirklichkeit staunend und bewundernd betrachten konnten; aber doch gibt auch jetzt schon so manche Schilderung von Vulkanausbrüchen bereits weit eher eine richtige Vorstellung der Vorgänge und ihrer Großartigkeit als künstlerische Wiedergabe.

Die Möglichkeit, die Bewegung und das Nacheinander zu schildern, in Verbindung mit der Möglichkeit, viele von einem Standpunkt aus nicht sichtbare, aber doch für die Landschaft typische Momente dem in Worte gefaßten Landschaftsbilde einzufügen, geben diesem eine breitere Basis, einen weiteren Rahmen und größere Vollständigkeit — Vorzüge, die namentlich bei dem Versuche der wissenschaftlichen Vertiefung des Bildes durch Erklärung seiner charakteristischen Elemente wertvoll werden.

Der Vorzug, die Bewegung darstellen zu können, führt den Landschaftsschilderer dazu, davon reichen Gebrauch zu machen und wo immer angängig, das Leben und Geschehen zu betonen, „die Dinge vor unserem geistigen Auge werden und wachsen“ zu lassen, wie Ratzel sagt, und wie Noë und andere in so vielen Fällen mit großer Feinheit getan haben. Mit Vorteil lassen wir selbst ruhende, unbewegliche Gegenstände zur Belebung der Schilderung vor unserem geistigen Auge sich bewegen: wir sprechen wohl von jäh absteigenden Hängen, oder einem an steilem Berggrat hinaufkletternden Dorfe, von unruhig bewegten Hügellandschaften, von wogendem Gebirge, fließenden Formen u. dgl. m. Manche dieser Ausdrücke sind zuerst von Dichtern geprägt worden, und Dichter sind es auch gewesen, die bisher das höchste Maß wahrhaft anschaulicher Landschaftsschilderungen erreicht haben und mit überzeugender Kraft wahre und schöne Bilder der Natur vor unserem Auge erstehen ließen, so ein Goethe, ein Ad. Stifter, Theodor Storm und andere Große.

Wo aber ein Naturschilderer der wissenschaftlichen Richtung Großes in anschaulicher und wahrer Naturschilderung erreicht hat, wie etwa ein A. v. Humboldt oder E. Pöppig, Ch. Darwin oder Schweinfurth, Friedrich Ratzel, Nansen oder Sven Hedin, da ist in ihm ein gewisser dichterischer Funke tätig gewesen; dieser brachte ihn gleich dem Dichter der Natur nahe, lehrte ihn, sich in sie einzufühlen, einzuleben und aus solcher geistiger Atmosphäre heraus die Kraft des Wortes und den Schwung der Gedanken zu finden, die im Leser ein einigermaßen getreues Abbild der Landschaft und der in ihr ruhenden Stimmung zu erzeugen vermögen.

Aber wenn auch nur wenige Geographen diese dichterische Inspiration und diese Gabe plastischer Darstellung besitzen und besaßen und nur wenige von denen, die sie haben, sie bewußt und systematisch ausgebildet haben, also die künstlerisch und wissenschaftlich wertvolle Landschaftsschilderung auch jetzt noch recht vereinzelt auftritt, so müssen wir doch anerkennen, daß die Fähigkeit einer anschaulichen, wenigstens dem Geographen leicht verständlichen Landschaftsschilderung in den letzten Jahrzehnten bedeutsam gewachsen ist — dank den Anstrengungen der geographischen Wissenschaft. Ihr Streben nach einer natürlichen Klassifikation der Formen und sonstigen Erscheinungen der Erdoberfläche und der Atmosphäre hat bereits zur Aufstellung nicht weniger Typennamen geführt, deren einfache Nennung genügt, um in uns alsbald die Vorstellung von Gebilden mit ganz bestimmten Eigenschaften hervorzurufen, so daß die Erwähnung einiger weniger besonderer Eigenheiten derselben hinreicht, um in uns eine vollkommen klare Vorstellung zu erwecken. Solche Typennamen sind z. B. Fjord, Atoll, Schild- und Aufschüttungsvulkan, Haufen- oder Schichtwolke. Und wenn wir auch noch weit entfernt sind, eine zufriedenstellende Nomenklatur der geographisch wichtigen Gebilde zu besitzen, so dürfen wir doch hoffen, daß die weiteren Bemühungen des ordnenden und vergleichenden Verstandes schließlich dazu gelangen werden, so viele scharf umrissene und klar erkennbare Typen zu unterscheiden, daß wenigstens das rein Äußerliche mit einfachen wissenschaftlichen Worten hinreichend anschaulich beschrieben werden kann. Schon glaubt eine Morphologenschule in der Anwendung des Lebensbildes auf die Formen das richtige und in allen Fällen ausreichende Prinzip der

Namengebung für Oberflächenformen gefunden zu haben, und es ist nicht zu verkennen, daß die Namen den Anhängern dieser Schule tatsächlich bestimmte, festumrissene Vorstellungen innerhalb der bereits durchgearbeiteten Sphären übermitteln. Wahrscheinlich dürften aber die Versuche von anderen Seiten, neutrale Typenbezeichnungen für die Formen der Erdoberfläche einzuführen, zu befriedigenderen Ergebnissen führen. Auch hinsichtlich der biologischen Landschaftselemente sind schon bedeutsame Fortschritte in der Namengebung fest umrissener Typen gemacht worden, so daß auch von dieser Seite der Landschaftsschilderung wesentliche Hilfe gebracht worden ist und in Zukunft noch weitere gebracht werden wird. Wie dem aber auch immer sein mag, jedenfalls dürfen wir die Hoffnung hegen, durch die Wissenschaft der Landschaftsschilderung neue wertvolle Hilfsmittel schaffen zu können. Um aber die Stimmung der landschaftlichen Bilder, um das in ihnen ruhende höhere Leben und Weben richtig dem Leser übermitteln zu können, dazu freilich wird es jederzeit des dichterischen Funkens, des warmherzigen Mitfühlens mit der Natur bedürfen: einer Gabe, die nicht erlernt, sondern angeboren ist, die aber auch da, wo sie vorhanden ist, nur in sorgfältiger systematischer Ausbildung zur vollen Blüte entwickelt werden kann!

2. Die Veränderlichkeit des Landschaftsbildes.

Wenn das Wort als Darstellungsmittel zur Wiedergabe eines Landschaftsbildes trotz vielseitiger Nachteile dem Stift und Pinsel des Künstlers in bezug auf die Darstellung der Bewegung überlegen ist, so gilt diese Überlegenheit auch hinsichtlich der Darstellung der Veränderungen periodischer oder unperiodischer Art, denen jedes Landschaftsbild — unter oft sehr bedeutendem Schwanken oder Umschlag ihres Stimmungsgehaltes — unterliegt.

Diese Veränderungen vollziehen sich teils mit, teils ohne sachliche, längerdauernde Umwandlung der Landschaft. Zu den wichtigsten Veränderungen der letzteren Art gehören diejenigen, die auf das Maß und die Art des Lichtes zurückgehen.

Voraussetzung jedes eigentlichen Bildes ist naturgemäß ein gewisses Maß von Licht; nur wo dieses gegeben ist und Gegenstände der Natur vor einem bestimmten Hintergrunde sichtbar werden, da kann man von einem Landschaftsbild im engeren

Sinne reden; da aber das Licht des Tages auch in eine gewisse Tiefe des Wassers hinabtaucht, so gibt es demnach ebensogut Landschaftsbilder unter wie über dem Wasser, während freilich die unserem Auge immer unerreichbar bleibenden, nur unserer Phantasie zugänglichen Bilder, die das Eigenlicht vieler Geschöpfe der dunklen Tiefsee für kurze Zeit beleuchten kann, außer Betracht bleiben dürfen. Soweit aber auch das menschliche Auge noch Gegenstände unter dem Wasser erkennen kann — die Sehweite ist hier immer beschränkt, der Rahmen des Bildes also eng: es ergibt sich immer nur ein landschaftliches Kleinbild, wie ein solches in ähnlichem Umfang auch vielfach über dem Wasser bei beschränktem Gesichtsfeld entsteht: im Wald, im Nebel, bei Nacht am Lagerfeuer und dergleichen mehr. Solche Kleinbilder sind in vielen Fällen reich an Schönheiten intimster Art, auch nicht selten reich an Abwechslung in Formen und Farben, aber sie entbehren eben doch immer der Tiefe und Weite des Blickes und der Zusammenfassung aller wesentlicheren Typen der Gesamtlandschaft, die dem landschaftlichen Großbilde, dem eigentlichen Landschaftsbilde, seine wichtigsten Züge und in vielen Fällen die Wucht des Eindruckes erst ermöglichen.

Die weitaus wichtigste Lichtquelle ist für uns die Sonne, die auch dem Mond ihr Licht leiht. Ein und dieselbe Landschaft zeigt einen sehr verschiedenen Charakter, je nachdem das Licht des einen oder des anderen Hauptgestirns sie beleuchtet; mannigfaltige Schattierungen der Lichtstärke wie auch des Farbtones bedingen außerdem die verschiedenen Stellungen des Tagesgestirns bis tief unter den Horizont hinab, sowie partielle bis fast vollständige Sonnenfinsternisse, bei denen die Lichtstärke ebenfalls bis zu fahlem Dämmerlicht herabgemindert werden kann, so daß selbst die Zykaden der Tropen sich täuschen lassen und vorzeitig ihr Abendlied anstimmen. Das Sternenlicht allein ist sehr lichtschwach und kann höchstens in der Schneelandschaft einzelne Gegenstände noch einigermaßen hervortreten lassen, wie denn auch bei klarer Luft die Venus in Zeiten hoher Lichtstärke einen deutlichen Schatten zu werfen vermag. Die unperiodisch auftretenden Polarlichter sind für die Polarländer während der langen Winternacht höchst wirkungsvolle Landschaftsilluminatoren; sie treten oft in unvergleichlicher Pracht und Intensität auf und übertreffen an Leuchtkraft weit die Blitze oder das

Wetterleuchten unserer Gegenden, erreichen aber freilich wohl nie die Leuchtkraft des Vollmondes. Dagegen vermag der durch Blitzschlag oder Reibungswärme entfachte Wald- oder Savannenbrand, oder der Lichtschein tätiger Vulkane weithin die Gegend taghell zu beleuchten und jede Beleuchtungskunst des Menschen tief in Schatten zu stellen. Andererseits ist die Lichterzeugung leuchtender Pflanzen und Pflanzenteile, mancher Meerestiere, der Leuchtkäfer wie auch der sich selbst entzündenden Erdgase meist zu schwach, um mehr als die allernächste Umgebung zu erhellen, so daß sie als aktive Lichtquellen für Landschaftsbilder nicht wesentlich in Betracht kommen, so sehr auch ihr Sichtbarwerden durch eigene Lichterzeugung in nächtlichen Landschaftsbildern zu künstlerischer Wirkung kommen kann.

Von den genannten Lichtquellen kommt keine auch nur im entferntesten der Sonne an Bedeutung nahe; ja man darf wohl sagen, daß sie geradezu die Mutter alles Lichtes auf der Erde ist, und weiter darf man sie sogar als den Urquell aller landschaftlichen Ausgestaltung der eigentlichen Erdoberfläche bezeichnen, denn sie liefert die Wärme, welche die großen klimatischen Züge auf der Erde in letzter Linie schafft und in Verbindung mit der wechselnden Beschaffenheit der Erdoberfläche auch den Wandel des Wetters verursacht.

Sehr jähe und durchgreifende Veränderungen eines Landschaftsbildes, seines Lichtmaßes und seiner Lichtqualität bringen oft die Umschläge des Wetters hervor, mit denen gewöhnlich eine völlige Umgestaltung des Himmels durch Wolkenbedeckung verschiedener Art verbunden ist. Wie sehr wirken nicht z. B. Form und Farbe der Wolken, wie auch ihre Verteilung über den Himmel hin auf Licht und Stimmung einer Landschaft ein, wie sehr ändern niedergehende Nebel, die den Himmel verhüllen, vielleicht selbst die Blickweite auf engsten Raum einschränken, wie sehr Windstöße oder Sturm und Regen den ganzen Charakter einer Landschaft und seinen Stimmungsgehalt in kürzester Frist!

Wie so anders nehmen sich z. B. die einsamen Eilande der Vestmanneyjar im Süden von Island aus, wenn sie bei hellem Sonnenschein und ruhigem Wetter friedlich und leicht überschaubar im grünen Meere ruhen, als wenn in der Mitternachtsdämmerung Nebel über ihre Häupter fliegen und die gewaltigen

Steilwände mit unsicheren Umrissen dem Auge, das vergebens nach festen Vergleichspunkten ausspäht, ins Ungeheure zu wachsen scheinen! Oder wie verschieden erscheint uns etwa die Campagna von Rom an einem trüben Tage bei Sturm und Regen oder aber an einem schönen Tage bei strahlendem Sonnenschein! Im ersten Fall klingt ein melancholischer Unterton durch die landschaftliche Symphonie: die Enge des Gesichtsfeldes, die solcher Witterung zukommt, zwingt das Auge, sich mit den nächstliegenden Gegenständen zu beschäftigen; es sieht die unbebauten Feldflächen ringsum, sieht etwa einen einsamen, fieberblassen Hirten, seine Schafe weidend, und eine nahe dürftige Hütte, vor deren Türe eine Mutter ihr krankes Kind zu beruhigen sucht, in einiger Entfernung vielleicht noch etliche Trümmer vergangener römischer Herrlichkeit — ein trübes Bild! Welch ein Gegensatz dagegen, wenn klares Wetter herrscht, die Sonne alles mit Licht und Wärme erfüllt und bei ihrem Untergang der reichlich in der Luft verteilte Staub die Strahlen bricht, so daß der Horizont sich in glühendes Rot und Purpur taucht und warme Farbentöne sich über die ganze Landschaft breiten. Wohl sieht das Auge auch dann noch die Einsamkeit und Dürftigkeit der nächsten Umgebung, aber Licht und Wärme wirken versöhnend, erhebend, der weite Horizont gibt dem Blicke andere, größere Ziele und hebt den Geist über das nahe, drückende Elend hinweg. Unvergeßlich bleibt mir ein schöner Augustabend auf einsamer Campagna: ein fernes Gefährt schien auf der einen Seite über ebene Flächen hinweg auf schnurgerader Straße unmittelbar in die untergehende Sonne hineinzujagen, während auf der anderen Seite die Kuppeln und Türme, Zypressen und Häuser der ewigen Stadt aus leichtem Dunstschleier aufstiegen und hinter ihnen die blauen Albanerberge mit sanft geschwungenen Umrissen sich plastisch von dem wolkenlosen Himmel abhoben. Welche Kraft der Stimmung, welche packende Schönheit und Harmonie ruht in einem solchen Bilde!

Noch gewaltiger freilich sind die Stimmungsgegensätze in der Wüste, wenn einmal die Sonne grell vom leuchtenden Himmel auf die starre, kantenreiche Gesteinswelt und die in ihr sich ausbreitenden sanftwelligen Sandmeere niederschaut, überall Stille und Ruhe herrschen und das Auge, müde von dem Glanz, sich wieder und wieder zu schließen gezwungen sieht, oder wenn ein andermal heftige Windstöße Sand und Steinchen über den Boden

dahintreiben und riesige schwarzgraue Staubwolken mit grünlichem Randsaum brausend daherstürmen, die Sonne zur glanzlosen Scheibe verwandelnd und Dämmerlicht über den Wanderer ausbreitend! — Groß ist aber auch schon der Wandel des Meeres bei Ruhe und Sturm, oder der Wechsel in der Erscheinung der Gebirgswelt bei sichtigem Wetter oder bei wallendem Nebel, der nur vereinzelt einmal einzelne Dinge oder einen kleinen Ausschnitt aus der Aussicht freigibt, u. dgl. m.

Andererseits bewirken aber nicht nur Nebel, sondern auch trockene Trübungen der Atmosphäre durch Staub und Sand, Aschenfall oder Schneestürme und dergleichen häufig ganz außerordentliche Herabminderung der Tageshelligkeit und Blickweite, nicht selten bis zur völligen Unsichtigkeit; die Sonne verliert dann ihren Schein, wird zur matten, roten Scheibe oder verschwindet ganz, während ein grauer oder graugrüner Ton den Luftraum erfüllt, sofern nicht völlige Finsternis sich herabsenkt. Örtlich kann der Nebel in sehr kalten Gegenden sich sogar durch tierische Ausdünstung so sehr verdichten, daß die Urheber der Ausdünstung unsichtbar werden, wie denn Middendorf in Zentralsibirien eine Herde von Renntieren als kleine undurchsichtige Nebelwolke bei sich vorbei dicht über dem Erdboden fortziehen sah — ein höchst eigenartiger landschaftlicher Anblick!

In starkem Gegensatz zu diesen unperiodischen, nach dem Raum, oft auch nach der Zeit rasch wechselnden Veränderungen des Landschaftsbildes stehen die über sehr weite Räume gleichzeitig sich geltend machenden periodischen Veränderungen derselben, die auf kosmischen Ursachen beruhen. Dazu gehört vor allem der Wechsel von Tag und Nacht mit den maximalen Gegensätzen im Lichtmaß, über deren Bedeutung für das Landschaftsbild und seine Stimmungen keine Worte notwendig sind. Von höchstem landschaftlichen Reiz sind häufig die Übergangszeiten von Tag und Nacht mit ihrem langsamen Wechsel des Lichtmaßes, dem sich so häufig herrliche Lichteffekte zugesellen, besonders wenn Staub, vulkanische Aschen, Eiskriställchen oder Wolken die Lichtstrahlen intensiv brechen und mit allmählich wechselnden herrlichen Farbtönen weite Strecken des Himmels und der Erde erglühen lassen. Da die Dauer der Dämmerung ebenso mit wachsenden Breiten wächst, wie die mögliche Tageslänge, so verschwimmen schon von etwa 54° Breite an zur Zeit der Sommer-

sonnenwende bei günstigen atmosphärischen Bedingungen Abend- und Morgendämmerung ineinander und erzeugen die bekannten hellen Nächte mit ihrem besonderen Reize; in den Polargegenden aber kürzt die wochenlang sich fühlbar machende Dämmerung die lange Winternacht in höchst wirkungsvoller und erfreulicher Weise.

In den Polargegenden fehlt während des langen Sommertages der starke Gegensatz von Lichtzufuhr und Lichtmangel, der sich anderwärts binnen 24 Stunden regelmäßig einzustellen pflegt, und wenn auch in nicht allzu hohen Breiten durch die verschiedene Höhe der Sonne am Himmel um Mittag und Mitternacht eine gewisse Schwankung der Lichtintensität entsteht, so ist sie doch meist so gering, daß sie für den landschaftlichen Eindruck an sich bedeutungslos ist und höchstens vom Photographen bei Bemessung der Belichtungszeit der Platten in Betracht gezogen werden muß. Indem aber die Sonne ringsum am Himmel dahinzieht, wandern die Schatten nicht nur von Westen nach Osten über eine Meridianrichtung hinweg, wie in den mittleren und niedrigen Breiten, sondern entwickeln sich innerhalb 24 Stunden nach allen Himmelsrichtungen, wodurch das polare Landschaftsbild einmal innerhalb eines Etmals im Gebirge sehr auffällige Wechsel des Charakters erfährt, und andererseits, was noch weit wichtiger und nachhaltiger ist, an allen Hängen hinsichtlich der Schneeabschmelzung und der Vegetationsentwickelung fast gleichmäßig begünstigt ist, so daß also Bergzüge in den Polargebieten keine ausgesprochene Sonnen- und Schattenseite aufweisen wie in den mittleren Breiten.

So freundlich und schön bei guter Witterung der ständige Sonnenschein auch wirkt, so wird doch die Einförmigkeit des ständigen Lichtes während des langen Polartages so groß, daß der an den rasch folgenden Wechsel von Tag und Nacht gewöhnte Bewohner mittlerer Breiten mit Freuden wieder das erste Aufleuchten der Sterne begrüßt, wenn das Schiff sich anschickt, die hohen Breiten wieder zu verlassen. Mit welchem Jubel aber begrüßt erst der Polarbewohner die Wiederkehr des Tagesgestirns am Ende der langen Winternacht[1]): zunächst nimmt an Orten der nördlichen Kalotte die Helligkeit im Süden zu, darnach tritt am nördlichen Gegenhimmel ein prachtvoller Dämmerungsbogen mit stets zunehmendem Glanz auf, in herrlichem Farbenspiel von

[1]) Vgl. J. Hann, Handbuch der Klimatologie, 2. Aufl., III, S. 486.

Blau und Indigo bis Violett und Rosa prangend, und schließlich erscheint dann die strahlende Sonne selbst wieder am Horizont und beleuchtet die ungeheure glänzende Schneewüste, die das ganze Gesichtsfeld beherrscht — ein Bild gewaltiger Größe in tiefster Einsamkeit! Mannigfaltige Kombinationen von Höfen und Ringen um Sonne und Mond, Nebensonnen und Nebenmonde, vertikale Lichtsäulen und anderes schmücken zugleich häufig den Polarhimmel und heben noch die Schönheit der eigenartigen Landschaft.

Wenn die Einförmigkeit ständigen Lichtes und noch weit mehr ständiger Finsternis während des Polartages und der Polarnacht schwer auf dem Menschen lastet, so müssen wir uns freilich auch vor Augen halten, daß wir in den polaren Tagen und Nächten die Äquivalente der extremen Jahreszeiten der mittleren Erdgebiete vor uns haben, verschärft durch das Übermaß langdauernder Lichtfülle oder Lichtmangels. Auch in den mittleren Breiten ist der landschaftliche Unterschied zwischen Sommer und Winter noch außerordentlich groß infolge der Differenzen der Sonnenhöhe bzw. der Wärme und Tagesdauer und deren außerordentlich mannigfaltigen und tiefgreifenden Einflüsse auf die organische und die unorganische Natur. Der langsame Wandel der Naturverhältnisse, namentlich der Pflanzenwelt, bringt in den Übergangsjahreszeiten des Frühjahres und Herbstes, aber auch noch im Sommer, eine solche Summe der reizvollsten und intimsten Veränderungen in der Landschaft hervor, daß dasselbe Bild, man möchte fast sagen, von Tag zu Tag für den aufmerksamen Beobachter der Natur wieder ein anderes wird, bis die bleibende Schneedecke für längere Zeit eine gewisse Gleichartigkeit des Eindruckes gewährleistet. Sind diese Wandlungen auch in der Pflanzenwelt am auffälligsten und am leichtesten zu verfolgen, so kommen sie doch auch bei der Tierwelt oft durch die Verschiedenheit des Sommer- und Winderkleides, bei manchen Arten auch durch die Verschiedenheit der Lebensweise in den extremen Jahreszeiten noch landschaftlich zum Ausdruck; noch mehr aber meist beim Menschen, der nicht bloß den Jahreszeiten, sondern oft schon den Zuständen des Wetters durch verschiedene Tracht oder besondere Schutzvorrichtungen (so gegen Kälte, Regen, Sonnenschein, Wind) sich anpaßt und damit sein Aussehen ändert. Aber selbst die Gewässer des festen Landes unterliegen den jahreszeitlichen Ein-

flüssen in landschaftlich oft sehr bedeutsamer Weise, sei es durch Änderung des Aggregatzustandes oder durch Änderung der Massen und ihre Folgen (wie Überschwemmung oder Versiegen u. dgl.).

Ist die durch den Wechsel der Jahreszeiten bedingte Änderung des Landschaftsbildes in hohen Breiten am schärfsten, so ist sie in den mittleren Breiten am abwechslungsreichsten; je mehr man aber in niedrige Breiten kommt und je kleiner die Schwankungen der Tagesdauer und der mittleren Wärmeverhältnisse werden, desto geringer werden auch die Jahreszeitenunterschiede, soweit sie vom Wärme- und Lichtmaß abhängig sind. In denjenigen Teilen der feuchten Tropen, wo reichliche Niederschläge ziemlich gleichmäßig übers ganze Jahr verteilt sind, wandelt sich das Landschaftsbild im Laufe des Jahres nicht mehr wesentlich. Wo aber in der heißen Zone die Niederschläge während eines Teiles des Jahres mangeln, da zeigt die anorganische wie auch besonders die organische Natur wieder höchst bedeutsame jahreszeitliche Unterschiede: sie zeigt in der Trockenzeit ein ganz anderes Gesicht als in der Regenzeit. Die Trockenzeit ist durch den Ruhezustand der Pflanzenwelt unserem Winter ähnlich und schafft auch gleichartige Landschaftserscheinungen — wobei freilich die Schneedecke naturgemäß fehlt.

Wo die Feuchtigkeit fast dauernd fehlt, wie in den Wüsten, da bleibt wieder das Maß der zur Verfügung stehenden Wärme von nur mäßigem Einfluß auf das Landschaftsbild und es entsteht so — abgesehen von den seltenen Fällen kräftiger Platzregen, die örtlich für eine Reihe von Jahren eine landschaftlich immerhin schon bedeutsame Vegetation hervorrufen können — eine ähnlich große Gleichartigkeit der landschaftlichen Erscheinung das ganze Jahr über, wie sie der Gegenpol, der immerfeuchte tropische und subtropische Urwald, zeigt. Und doch fiel mir selbst bei völliger Abwesenheit von Pflanzen im Gesichtsfeld ein gewisser Unterschied zwischen hohen und niedrigeren Breiten auf, Island und Ägypten: die Beleuchtungseffekte erschienen mir hier viel farbenprächtiger, wärmer als dort auf der nordischen Insel; der Grund ist wahrscheinlich weniger in der geringeren Intensität des Lichtes auf Island zu suchen als in dem dunkleren Farbton des Sandes und Staubes — entsprechend der Verschiedenheit der geologischen Formationen und dem Fehlen einer Schutzrinde im fernen Norden.

Außer den alljährlich auftretenden jahreszeitlichen Änderungen des Landschaftsbildes treten aber auch rhythmische Schwankungen desselben in größerem Zeitmaß und bedeutenderem Umfang ein. In vielen Gegenden bekunden sie sich durch Vorstöße oder Rückgänge von Gletschern, in anderen durch Entstehen und Vergehen von Seen, Verschiebung von Vegetationsgrenzen, Veränderungen im Charakter der Pflanzendecke und andere landschaftlich bedeutsame Wandlungen. Deutlich sind aber in manchen Gegenden auch die Anzeichen langsamer völliger Klimaänderungen, die im Laufe der Jahrtausende das gesamte Landschaftsbild in vielen Zügen ganz umzugestalten vermocht haben, so durch Änderung des Pflanzenkleides und der davon abhängigen Tierwelt, wie durch Änderungen der Abtragungsart und die dadurch bedingten Ausräumungs- und Ablagerungsformen u. dgl. m. —

Während die periodisch wiederkehrenden Änderungen des Lichtmaßes und der atmosphärischen Zustände sich gleichzeitig über weite Erdräume landschaftlich geltend machen, sind die ebenfalls auf weiten Flächen gleichzeitig auftretenden Schwankungen des Wasserspiegels, die durch die Anziehungskraft des Mondes und der Sonne bewirkt werden, nur auf einem mehr oder weniger schmalen Küstensaum von landschaftlicher Bedeutung. Es sind das die Gezeiten. An sehr steilen Felsküsten fallen sie freilich landschaftlich nur wenig auf, es sei denn, daß die sinkende Ebbe etwa da oder dort einen kleinen Sandstrand oder etliche vorgelagerte Klippen sichtbar werden ließe; an Flachküsten aber erscheinen bei starker Gezeitendifferenz zur Ebbezeit oft riesige Schlamm- und Sandflächen an Stellen, die später die Flut wieder mit Wasser überdeckt; in schmalen Geländevertiefungen aber dringt die steigende Flut wie ein rasch fließender Fluß hinein, und in schmalen Meeresstraßen — so z. B. besonders eindrucksvoll in der Karolastraße zwischen Buka und Bougainville — entstehen nicht selten energische Strömungen, die den Eindruck eines mächtigen Flusses erzeugen[1]).

Auch das Felsgerüste und die Oberflächenformen der Erdkruste sind noch Änderungen unterworfen; jedoch erfolgen dieselben meist so langsam und unmerklich, daß das Auge des

[1]) Vgl. S. 86.

Beobachters es erst nach längeren Zeiträumen bemerkt, oder daß sogar erst instrumentelle Methoden den Nachweis und das Maß der Veränderung innerhalb eines kürzeren Zeitraumes erbringen können: so bei säkularen Hebungen und Senkungen, die namentlich an der Meeresküste mit bedeutsamen landschaftlichen Wandlungen verbunden sein können, oder bei der langsamen Abtragungsarbeit durch Wasser, Eis, Wind oder Brandung usf. Aber nicht immer verändert sich die sogenannte „feste" Erdoberfläche langsam, fast unmerklich; oft ändern auch plötzlich auftretende Ereignisse das Landschaftsbild in durchgreifender Weise, so etwa Berg- oder Gletscherstürze, Muhren oder Überschwemmungen, schwere Beben oder Vulkanausbrüche. Namentlich letztere schaffen zuweilen auf weiten Flächen einen plötzlichen durchgreifenden Wandel des Landschaftsbildes, sei es, daß ausgeworfene Aschenmassen riesige Landflächen mit blühendster Vegetation jählings in eine scheinbar tote Wüste vom äußeren Charakter einer Schneelandschaft umwandeln, oder daß Lavaströme auf ihrem Wege alles Organische vernichten und an deren Stelle völlig kahle schwarze Steinflächen setzen, auch wohl Flüsse zu Seen aufstauen u. dgl. m.

Aber trotz alledem ist die „feste" Erdoberfläche doch immer noch das stationärste Element des Landschaftsbildes; sie bestimmt deshalb auch bis zu einem weitgehenden Grade die Formgestaltung desselben; sie überdauert seine periodischen und unperiodischen Veränderungen und wandelt sich meist so langsam, daß erst im Laufe großer Zeiträume wesentliche Änderungen im Antlitz der Erde stattfinden, also erst in der Perspektive der Erdgeschichte durchgreifende Formumwandlungen vor sich gehen.

Tatsächlich unverändert bleiben nur einige scheinbare Formen, die wir aber in unzähligen wirklichen landschaftlichen Großbildern wiederfinden: die Gewölbeform des Himmels und die Kreisform des Horizonts. Aber trotz ihrer so oft wiederkehrenden Gleichförmigkeit und der dadurch geschaffenen Gleichartigkeit des Rahmens für unendlich viele landschaftliche Einzelbilder kann auch deren Eindruck infolge mannigfacher Störungen der reinen Form sehr wechselvoll sein. So schaffen Züge von Wolken oder Rauch, fliegende Vögel und anderes bei Tag allerlei Abwechslung im Anblick des Himmelsgewölbes, bei Nacht aber die langsam ziehenden Sterne in ihren verschiedenartigen Gruppierungen zu

Sternbildern, die Lagekombinationen heller Gestirne zu Planeten oder zum Mond, ferner die Gestaltänderung der beleuchteten Mondscheibe oder einzelner Kometen, das Zodiakallicht oder allerhand irdische Phänomene, wie Blitze oder Polarlichter. Die einfache Horizontlinie aber unterbrechen oft sehr angenehm — namentlich wirkungsvoll bei Abend- oder Morgenrot — ferne Gebirgskonturen oder einzelne Höhen, Felsen, emporragende Bäume, Windmühlen oder das verwickelte Profil einer Stadt mit Türmen, Kirchen, Kuppeln, Schloten usw. oder auch nur aufragende Gestalten von Menschen und Tieren. Wo aber die Horizontlinie ganz ungestört bleibt, wie zumeist auf dem Meer und häufig auf großen Ebenen, da wirkt bei aller Einförmigkeit des Bildes doch gerade die Weite und Unbeschränktheit des Gesichtsfeldes wieder erhebend und verleiht dem Gesamtbild etwas so Hoheitsvolles und Ernstes, daß der Naturfreund kaum je müde wird, es zu sehen. Und das Gleichbleiben dieses Anblickes auf weite Entfernungen hin schafft in dem Reisenden den tiefen Eindruck wirklich erhabener Fernen — ein Eindruck, der sich dann bei jedem Anblick ähnlicher ebener Flächen immer aufs neue einstellt und damit das Gefühl des Weiten und Großen, ja des Unermeßlichen emporkeimen läßt.

3. Die Elemente der Landschaft.

Wenn wir beim Betrachten eines Landschaftsbildes den Versuch machen, die sachlichen Einzelbestandteile desselben zu isolieren, so finden wir hauptsächlich zwei Gruppen von Elementen, die wesentlich für die Erscheinung des Landschaftsbildes sind: einmal Lebewesen verschiedenster Art nebst Gebilden, die von solchen geschaffen worden sind, und zweitens leblose, in der weit überwiegenden Masse unorganische Stoffe. Wir erhalten damit ungezwungen zwei Hauptgruppen von Landschaftsbildern: zunächst solche, in denen die biologischen Elemente eine wesentliche Rolle spielen, wie in Wäldern, Hainen, Grasfluren, Tundren, und dann andere, in denen sie völlig fehlen oder wenigstens sehr stark zurücktreten, wie in den Fels- oder Sandwüsten des festen Landes, den Schnee- und Eiswüsten der Polargebiete, den Hochregionen unserer Hochgebirge und den Wasserwüsten der Meere. So reich auch die Landschaftsbilder der letzteren Gruppe an Schönheiten verschiedenster Art sind, so sehr sie auch oft durch die Größe

und Erhabenheit ihrer Verhältnisse auf unser Gemüt wirken, so ist doch bei vorurteilslosem Abwägen der Eindrücke im letzten Grunde ersichtlich, daß die Landschaftsbilder, in denen das Leben in der einen oder anderen Form wesentlich hervortritt, uns näher stehen, uns im Durchschnitt besser gefallen. In der Tat sind sie auch im allgemeinen tatsächlich reicher an Formen- und Farbengegensätzen, die zudem vielfach im Laufe der Zeit reizvollen Änderungen unterliegen. Für viele Beschauer tritt außerdem der Nützlichkeitsstandpunkt dazu, insofern fruchtbare Gefilde ihnen auch wegen des Nutzens, den sie bringen, nicht nur erfreulich, sondern auch schön erscheinen.

a) Biologische Landschaftselemente.

Von den großen Gruppen der Lebewesen ist landschaftlich weitaus am wichtigsten die Pflanzenwelt. Daß dies der Fall sein muß, lehrt schon der interessante Versuch Hermann Wagners, zu berechnen, eine wie mächtige Deckschicht das gesamte lebende Pflanzenmaterial der Erde, zu einer gleichartigen Masse verarbeitet, gegenüber der aus dem lebenden tierischen Material gebildeten Deckschicht bei gleichmäßiger Ausbreitung über die gesamte Erdoberfläche hin ergeben würde: 4,4 mm gegenüber 0,5 mm. Dabei ist zudem zu bedenken, daß die für die landschaftliche Betrachtung in erster Linie wichtigen Landtiere nach Wagners Schätzung zu der genannten tierischen Masse nur $^1/_{244}$ beitragen würden! So ungenau auch diese Zahlen sein müssen, so sind sie doch ungemein interessant, wenn man damit die ungeheure Mächtigkeit und Masse der unorganischen Naturelemente der Erde vergleicht —, wobei wir von den Sternen und anderen kosmischen Elementen der irdischen Landschaftsbilder natürlich völlig absehen! Das relative Verhältnis des pflanzlichen und des tierischen Materials zueinander verändert sich aber im Landschaftsbild selbst oft noch weit mehr zugunsten des pflanzlichen Elementes, als man aus den oben genannten Zahlen entnehmen dürfte, weil im Landschaftsbilde ja nur die Oberfläche der Erde sichtbar ist und infolgedessen da, wo die pflanzlichen Individuen in dichter Drängung beisammen stehen, diese vielfach die ganze Landschaft so sehr beherrschen, daß sie einerseits die Farbe in der Hauptsache bestimmen, andererseits aber die Formen des Untergrundes, der naturgemäß den Formenreichtum von Großbildern in erster Linie ausmacht, insofern beeinflussen,

als dadurch eine Menge von Geländekleinformen verdeckt werden, und zwar natürlich um so mehr, je höher und dichter die Einzelgewächse stehen, also am wirkungsvollsten im Hochwalde. Der Buschwald übt in dieser Richtung schon einen weit geringeren Einfluß aus, während niederwüchsige Grasfluren oder Moos- und Flechtentundren nur noch Kleinformen der Oberfläche verhüllen können. Die vereinzelten Pflanzenindividuen der Wüsten verdecken nur noch örtlich kleine Geländestücke, geben aber im übrigen die kahle Natur völlig den Blicken frei.

In anderer Hinsicht ist die Bedeutung der Pflanzenwelt aber noch viel größer für das Landschaftsbild: da, wo sie in geschlossener Decke den Untergrund bedeckt, wirkt sie als ein hochwichtiges Schutzorgan gegen Abtragung und erlangt damit für die Herausbildung und Erhaltung gerundeter Geländeformen geradezu allerhöchste Bedeutung, indem sie den Charakter der Landschaft dadurch mittelbar aufs klarste kennzeichnet. Die Zerstörung der zusammenhängenden Pflanzendecke durch Entwaldung oder durch übermäßigen Weidebetrieb in Gegenden, deren Klima der entsprechenden Vegetationsformation nicht mehr günstig ist, kann sogar bei energischer abtragender und erodierender Wirkung des spülenden und fließenden Wassers eine einst fruchtbare Gegend geradezu wüsten- oder halbwüstenhaft gestalten, indem sie, insbesondere bei intensiver Zerschneidung derselben, bis zu vegetationsarmer oder selbst vegetationsloser Kleinhügeloberfläche führen kann („bad land“ der Vereinigten Staaten).

Während die Farben und Formen mancher Einzelgewächse und Pflanzenformationen jahraus jahrein völlig oder fast völlig gleich bleiben, erfahren sie bei vielen anderen im Wechsel der Jahreszeiten und der dadurch bedingten Lebensvorgänge die bekannten tiefgreifenden Veränderungen (Blüten- und Fruchtbildung, Laubfall), die so gewaltige Rückwirkungen auf das gesamte Landschaftsbild und seinen Charakter ausüben.

In landschaftlichen Kleinbildern und im Vordergrund von Großbildern spielen die Formen und Farben mancher Einzelgewächse und ihrer Teile (z. B. Blüte, Blatt, Stamm, Früchte u. dgl.) eine bedeutsame Rolle und sind oft von außerordentlich intimem Reize. Wenn Hermann Masius begeistert ausruft: „Nichts bedingt vielleicht mehr die Schönheit einer Landschaft als die Vegetation!“, so gilt das ganz besonders für den Nahanblick derselben,

wie er denn auch gleich „das stille Blühen der Pflanzen, ihr erquickendes Grün, die Fülle und den Reiz ihrer Formen“ im Gegensatz zu der unorganischen Natur rühmt; aber auch für den Fernanblick bietet das Grün von Tannenwäldern und Wiesen, das Gelb und Rot herbstlicher Laubwälder und sommerlicher Felder einen herrlichen Schmuck der Landschaft, und Nansen erschienen selbst braune Tundrenflächen in Ostgrönlands starrer Landschaft lieblich.

Die Formen und Farben mancher Einzelgewächse sind aber nicht nur eine Zierde des Landschaftsbildes, sondern sie sind vielfach geradezu typisch für bestimmte Gegenden und werden daher von Malern und Landschaftsphotographen mit Vorliebe in den Vordergrund gestellt, so z. B. Palmen, Bambusen, Zypressen, Agaven, Wettertannen, Birken und zahlreiche andere mehr. Es sind das Pflanzen, die dem forschenden Auge des Beschauers bis zu einem gewissen Grade schon die Antwort auf die Frage nach dem Klimacharakter und der ungefähren Breiten- oder Höhenlage der dargestellten Landschaft geben, ja dem Pflanzenkundigen unter Umständen sogar recht weitgehende Auskunft über die gesamten Lebensbedingungen derselben geben können.

In vielen Fällen gibt auch die Ausbildungsweise einzelner Gewächse oder ganzer Formationen Aufschluß über gewisse Eigentümlichkeiten des Klimas der betreffenden Gegend, wie z. B. die einseitige Entwickelung der Bäume auf den Kämmen und Gipfeln der Vogesen und des Schwarzwaldes, oder die „gekämmte“ Vegetation der Föhrdenhänge Schleswigs oder der Luvseiten der Kleinen Antillen klar auf die vorherrschende Windrichtung hindeuten.

Die hohe Bedeutung der Gewächse für die Kennzeichnung des Landschaftsbildes und seines Charakters hat zuerst A. v. Humboldt in seinen „Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse“ nicht nur klar erkannt, sondern auch durch seine Aufstellung wohlumrissener Pflanzentypen systematisch verwertet. Wohl hat Grisebach die Zahl solcher Charakterformen noch vermehrt und Masius für eine Anzahl von „Charakterbäumen“ eine ästhetische Bewertung versucht; aber noch immer ist der Wunsch nach einer durchgreifenden Untersuchung der ästhetischen Rolle der Pflanzenwelt im Landschaftsbilde der einzelnen Erdzonen und Gebiete unerfüllt.

Die Gestalten der Einzelgewächse kommen in der Isolierung nicht nur relativ am meisten zur Geltung, sondern auch absolut

am kräftigsten und eigenartigsten zur Entwickelung; sie übertreffen daher meist ganz erheblich ihre Artgenossen im geschlossenen Bestand an Schönheit. Wieviel stolzer und formschöner steht die Kokospalme am brandungsüberspülten Strand als in der benachbarten Plantage, wo jeder Palme ein gleiches abgemessenes Maß von Licht und Boden zugeteilt ist, und wieviel knorriger steht die einsame Eiche oder Zirbe da als ihresgleichen im Walde, wo immerhin der Wettbewerb der Nachbarn schon eine Beeinträchtigung des Wachstums wie der Kraftentfaltung gegen äußere feindliche Einflüsse hervorruft. In den großen Vergesellschaftungen der Vegetationsformationen trägt die Einzelpflanze, wenigstens für den Fernblick, nur ein bescheidenes Maß zur allgemeinen Formen- und Farbenwirkung bei; aber ganz ohne Bedeutung für das Landschaftsbild bleibt sie auch hier nicht, wie z. B. bei gemischten Beständen namentlich die Herbstzeit offenbart; nicht nur Farben-, sondern auch Formenunterschiede lassen selbst auf weite Entfernungen hin in unseren Gegenden den Laub- und den Nadelwald noch deutlich unterscheiden, und an den Profillinien der Berge heben sich gegen den hellen Himmel selbst die einzelnen Tannen oder Fichten noch scharf und charakteristisch auf beträchtliche Entfernung hin ab!

Es hieße eine große Menge der Angaben der Pflanzengeographie wiederholen, wenn hier im einzelnen der unmittelbare Einfluß der Pflanzenwelt auf die Erscheinung des Landschaftsbildes in den verschiedenen Zonen, Regionen und Gebieten ausgeführt werden sollte; es genüge hier, zu erwähnen, daß im allgemeinen überall da, wo Wärme und Feuchtigkeit genügen, der Boden aber günstig ist, von Natur aus eine dichte Vegetation die feste Erdoberfläche bedeckt, wo aber Feuchtigkeit oder Wärme oder auch beide dürftig werden, die Vegetation selbst bei guter Bodenbeschaffenheit meist so spärlich wird, daß die Einzelpflanzen nur noch zerstreut und in weiten Abständen auftreten, wie in den Wüsten und Salzsteppen der Subtropen oder in vielen Tundrengebieten der subpolaren und polaren Länder; manchmal bilden spärliche Flechten und Moose auch nur noch einen leichten Anflug auf sonst kahlen, felsigen Berghängen, so der östlichen Kanaren oder Islands. Nur da, wo der Wärme- oder Feuchtigkeitsmangel extrem werden oder vegetationsfeindliche Deckgebilde, wie Eis oder ewiger Schnee, das Erdreich bedecken, fehlt die Pflanzenwelt

völlig oder ist nur noch durch vereinzelte Anhäufungen kleinster, aber zuweilen noch durch ihre Farbe landschaftlich hervortretender niedriger Pflanzen vertreten (wie z. B. die Alge Sphaerella nivalis im Blutschnee u. a.). —

Gegenüber der in vielen Landschaftsbildern geradezu beherrschenden Rolle der Pflanzenwelt tritt die Tierwelt im allgemeinen sehr stark zurück. Nur selten kommen Tiere noch jetzt — oder kamen wenigstens früher — in solchen Mengen in das Gesichtsfeld des Menschen, daß sie größere Flächen im Landschaftsbild tatsächlich bedeckten, wie etwa gelegentlich Heuschreckenschwärme in manchen wärmeren Gegenden oder die Vögelmassen einzelner Polarinseln, die Lachszüge etwa der grönländischen Küsten oder einstens die riesigen Büffelherden der Prärien Nordamerikas oder die Springbockherden Südafrikas. Meistens treten die Tiere vielmehr nur vereinzelt oder in kleinen Gruppen in der Landschaft hervor, und gar manche Einzelformen sind für bestimmte Landschaftsbilder, für bestimmte Bezirke, Klimagebiete, Zonen, Erdteile ebenso charakteristisch wie typische Pflanzenformen; sie werden daher von Malern und Photographen mit Recht nach Möglichkeit als Staffage verwendet, so etwa Elefanten, Giraffen, Nilpferde, Flamingos, oder Gemsen, Hirsche, Rehe, oder Eisbären, Seehunde, Pinguine und viele andere mehr. So gut wie so manche Charakterpflanze orientiert auch manches Charaktertier den Beschauer eines Bildes oft erfolgreich und zuverlässig über die Gegend und ihre klimatischen Hauptzüge, über die Jahreszeit u. dgl. m. In vielen Fällen sind im landschaftlichen Kleinbild oder im Vordergrund von Großbildern auch die Formen und Farben dieser Tiere von großer Wichtigkeit, und eine ästhetische Würdigung von Charaktertieren, wie solche unter anderen schon von Masius für eine Auswahl versucht worden ist, wäre daher für den Landschaftsschilderer höchst wünschenswert. In den Landschaftsbildern Mitteleuropas und anderer Kulturgegenden treten die Wildtiere verhältnismäßig stark in den Hintergrund, dafür aber spielen natürlich unsere Haustiere eine große Rolle, und je nach Art, Form, Größe, Farbe, Rasse und besonderen Eigentümlichkeiten derselben kann die Wirkung im Landschaftsbild sehr verschieden sein.

Aber nicht nur die Tiere selbst können wichtige Landschaftselemente sein; es treten ihre Einwirkungen auf die Pflanzenwelt

unter Umständen ebenfalls landschaftlich hervor, so bei Einzelpflanzen, deren Wachstum durch den Weidebetrieb leidet (z. B. „Kuh"-Buchen) oder die von Raupen, Heuschrecken, Ameisen usf. abgefressenen Büsche, Bäume, Felder, oder in den Formationen selbst (z. B. Elefanten- oder Tapirpfade im Urwald, Wühlstellen von Rhinozerossen oder Wildschweinen im Buschwerk, die sorgfältig gereinigten Wege der Blattschneiderameisen u. dgl. m.); auch die Staubwolken, die dahinjagende Huftiere in Steppengebieten so oft aufwirbeln, die Wasserstrahlen, die Walfische ausstoßen, sind landschaftlich wichtig, noch mehr aber die Bauten gar mancher Tiere, so der Termiten, der Ameisen, der Biber, die Erdhügelchen der Maulwürfe, die Nester von Vögeln, die zum Teil höchst auffällig in der Landschaft sind (z. B. Nester der Webervögel), die Bauten von Wespen, die Wucherungen, die der Stich mancher Insekten an Blättern und anderen Pflanzenteilen erzeugt u. a. m. In submarinen Landschaften spielen die oft formschönen und farbenprächtigen Gehäuse von Schnecken und Muscheln, die kunstvoll verzweigten, häufig schön gefärbten baum-, netz-, teller-, korbähnlichen Gebilde der Polypen und anderes eine gleichartige Rolle. Eigentümliche landschaftliche Eindrücke schaffen auch oft die Überreste — namentlich Skelette — toter Tiere, wie man sie nicht selten etwa in Wüsten, in vulkanischen Ausbruchsgebieten, an Küsten antrifft. Von großer Wichtigkeit selbst für landschaftliche Großbilder sind die oft sehr ausgedehnten, den Wasserspiegel nahezu erreichenden oder ihn übersteigenden Bauten der Korallenpolypen (Saum- und Wallriffe, Atolle), indes die Milliarden von Kiesel- und Kalkschalen kleinster Schwebetiere und -pflanzen, die nach deren Tode in die Tiefe der Meere und Seen sinken, landschaftlich erst eine Bedeutung erlangen können, wenn sie durch Austrocknen der Seen trockengelegt werden oder durch tektonische Vorgänge aus der Meerestiefe herauf an die Atmosphäre gebracht worden sind.

Neben den Gesichtseindrücken, welche die Tiere vermitteln, sind auch die Gehöreindrücke, die von ihnen ausgehen, für bestimmte Landschaften charakteristisch, wie schon oben ausgeführt worden ist, und selbst das Gefühl wird — namentlich durch Stiche verschiedenartiger Insekten (Moskitos, Zecken und anderer Peiniger) — oft in intensiver und für bestimmte Landschaften sehr kennzeichnender Weise in Mitleidenschaft gezogen. —

Einen ungemein großen Einfluß auf die Ausgestaltung vieler Landschaftsbilder hat der Mensch erlangt. Freilich kommen Menschen nur in Ausnahmefällen, wie Schlachten, Manövern, Volksversammlungen, Märkten, Prozessionen, in so großer Zahl zusammen, daß sie flächenhaft im Landschaftsbilde wirken können, aber die Einzelindividuen sind in ihrer typischen körperlichen Verschiedenheit, ihrer eigenartigen Tracht und Beschäftigungsweise oft für bestimmte Landschaften in solchem Grade charakteristisch, daß sie dem Betrachter des Bildes ohne weiteres als Schlüssel zum geographischen Verständnis des Ganzen dienen; so läßt etwa die Gestalt eines Negers, eines Malayen, Chinesen oder Indianers den in pflanzen- oder kulturgeographischer Kenntnis weniger bewanderten Betrachter eines Gemäldes unter Umständen erst das Ganze verstehen. Sehr häufig werden deshalb auch Menschen als Staffage auf Bildern und Zeichnungen verwendet; auf wissenschaftlichen Bildern dienen sie aber andererseits auch häufig als Größenmaßstab, denn kein anderes Naturgebilde ist uns in seinen Größenverhältnissen und seiner doch ziemlich geringen Größenschwankung so vertraut als eben unseresgleichen.

Aber noch viel bedeutsamer als der Mensch selbst sind bei zahllosen Landschaftsbildern in Natur und Kunst die Einwirkungen desselben auf das Bild durch die Anpflanzungen, die er angelegt, durch die Bauten und Werke, die er geschaffen hat.

Schon der systematische Eingriff in die Zusammensetzung der Wälder, ihre Durchforstung nach bestimmten Grundsätzen hat das Landschaftsbild in vielen Kulturgebieten ganz außerordentlich umgestaltet; aber noch weit größer sind die Umwälzungen desselben, die durch Rodung der Wälder und Anlage von Weideflächen und Feldern vielfach in größter Ausdehnung erfolgt sind. Selbst die natürlichen Wiesen haben durch Mahd, Düngung und sonstige Kultureinflüsse viel von ihrem ursprünglichen Charakter eingebüßt; viele Heide- und Moorflächen sind durch menschliche Verbesserungen dem Ackerbau gewonnen worden, große Deichbauten haben dem Meere, ausgedehnte Entwässerungsanlagen den Sümpfen urbares Land in bedeutender Ausdehnung abgewonnen; weitreichende Bewässerungssysteme haben ungeheure Steppengebiete in Getreide- oder Weideflächen umgewandelt, und artesische Brunnen haben inmitten der Wüste blühende Gärten zu schaffen erlaubt; während andererseits aber auch wüste Schutthalden inmitten grünender

Fluren durch Bergwerke oder andere technische Anlagen entstanden sind u. dgl. m.

Aber auch der menschliche Verkehr hat durch Anlage besonderer Wege verschiedenster Art vom Fußpfad bis zur Eisenbahn und zum Schiffahrtskanal und verschiedenartiger Verkehrsmittel zu Wasser, zu Land und neuestens selbst in der Luft dem Landschaftsbild neue Züge verliehen. Wie sehr hat sich doch z. B. unsere Sommerlandschaft durch das immer häufiger werdende Auftreten von Automobilen verändert, die zuweilen fast kilometerlange Staubstreifen durch das Land hinter sich herziehen!

Nicht minder bedeutsam wirken die Siedelungen, ihre verschiedenartige Dichte und Anlagen, der besondere Stil privater und öffentlicher Bauten, die äußerlichen Anzeichen der Wirtschaftsformen, z. B. die Flureinteilung auf ein Landschaftsbild ein, und selbst der Luftraum wird oft weithin landschaftlich verändert durch den Rauch und Staub gewisser Fabriken, die manchmal geradezu beschattend oder gar verfinsternd auf gewisse Geländestrecken zurückwirken; ja auch unser Gehör wird nicht selten auf weite Entfernung hin vom Stampfen der Maschinen und Räder oder vom Fauchen der Dampfmassen in Mitleidenschaft gezogen, und gar manche technische Anlage schickt selbst mächtige, nicht immer erfreuliche Duftwellen weit in die Umgebung hinaus.

So sind denn in vielen Gegenden die Einwirkungen des Menschen auf die Natur so durchgreifend, daß sie einen sehr wesentlichen Zug des gesamten landschaftlichen Charakters ausmachen und das Ganze damit zu einer Kulturlandschaft stempeln. Doch müssen wir uns bei einer solchen Bezeichnung klar darüber sein, daß hier das Wort „Kultur“ nicht im Sinne unserer hochstehenden europäischen Zivilisation allein zu verstehen ist, sondern einfach als Ausfluß menschlicher Arbeitsleistungen und Fähigkeiten. Wir müssen also auch solche Landschaften als Kulturlandschaften ansprechen, in denen Menschen von primitiver Kulturstufe mit einfachen Mitteln auf die Natur und das Landschaftsbild einen bestimmenden Einfluß ausgeübt haben, so z. B. Südseegegenden, in denen Dörfer, Kokospalmen, Brotfruchtbäume, Taropflanzungen das Bild beherrschen, oder amerikanische Gefilde mit weit ausgedehnten Maisfeldern und eingestreuten Indianerhütten, oder afrikanische Landschaften mit Rundhütten und Durrhafeldern von Negern usf.

b) Unorganische Landschaftselemente.

So bedeutsam nun auch Lebewesen und ihre Gebilde für das Landschaftsbild in zahllosen Gebieten sind, so sind sie doch im Grunde genommen nur Spätlinge unter den Elementen der Landschaft; die ursprünglichen Elemente sind die unorganischen. Sie treten gleichartig in allen Zonen und Gebieten der Erde auf, während die biologischen Elemente im allgemeinen den klimatisch allzu ungünstigen Gegenden fern bleiben und der klimatischen Eigenart in den für sie günstigen Gegenden durch besondere innere Organisation und äußere Gestalt sich anpassen.

Die unorganischen, lebensfremden Landschaftselemente kann man wohl am besten nach ihrem Lagenverhältnis in drei große Gruppen einteilen: das Grundgerüst zu unterst, darüber häufig verschiedenartige Deckgebilde und über allem die Lufthülle.

1. Das Grundgerüst der Erdkruste setzt sich aus verschiedenartigen Gesteinen zusammen, von denen die überwiegende Mehrzahl entweder unmittelbar aus glutflüssigen Schmelzflüssen erstarrt sind (massige Gesteine) oder mittelbar aus der Umlagerung (auch wohl Umwandlung) und nachträglichen festen Wiederverbindung von Bestandteilen ehemaliger Massengesteine entstanden sind (Sedimente, Schichtgesteine); nur eine kleinere Zahl von Gesteinen ist in der Hauptsache organogener Entstehung (z. B. Korallenkalke, Foraminiferenkalke, Steinkohlen, Asphalt) oder enthalten wenigstens Reste ehemaliger Organismen in mehr oder minder bedeutender Menge, zuweilen sogar in so gutem Erhaltungszustande, daß die betreffenden Versteinerungen in landschaftlichen Kleinbildern sogar eine charakteristische Rolle spielen können (so stellenweise Ammoniten und Belemniten oder auch Korallen und Schwämme im Schwäbischen Jura). Aber im landschaftlichen Großbilde wie im tektonischen Verhalten unterscheiden sich die ganz oder teilweise organogenen Gesteine so wenig von den rein anorganischen, daß sie einer besonderen Behandlung an dieser Stelle nicht bedürfen, um so weniger, als fast nur bei pflanzlichen Resten (fossilen Kohlen) die ursprünglichen organischen Bestandteile noch eine nennenswerte Rolle spielen.

Der Aufbau der Erdkruste, d. i. die Architektur der verschiedenartigen Gesteinskörper, und ihre gegenseitigen Lagenbeziehungen, bedingen die bedeutsamsten Erhebungen und Vertiefungen der

Erdoberfläche, die wichtigsten Geländeunterschiede im großen: sie vor allem zeichnen die ersten Grundlinien in der Anlage der Landschaftsbilder.

2. Die Deckgebilde bestehen teils aus geologischen [1]), teils aus hydrologischen Elementen.

a) Die geologischen Deckgebilde bestehen gleich dem Grundgerüst der Erde aus Gesteinsmaterialien, aber nicht mehr aus festgefügten Bausteinen, sondern aus mehr oder weniger locker neben- und übereinander gelagerten Gesteinsfragmenten, die nach ihrer Loslösung von den zusammenhängenden Gesteinsmassen des Grundgerüstes eine Wanderung nach den großen Vertiefungen der Erdoberfläche — besonders den Ozeanbecken — antreten. Diese Wanderung vollzieht sich dank der Schwerkraft und den verschiedenen Transportmitteln an der äußeren Erdrinde bald äußerst langsam und stetig, bald ungleichmäßig: zeitenweise mit starkem Ruck oder jäher, weittragender Beförderung, dann wieder mit langdauernden Rasten, zuweilen sogar, wo der Wind als Verfrachter auftritt, unter vorübergehender scheinbarer Verachtung der Schwerkraft (also rückläufig). Dieser wandernde Verwitterungsschutt deckt auf der festen Erdoberfläche ungeheure Räume und verhüllt oft völlig oder großenteils das darunterliegende Grundgerüst. Erst auf dem Boden der großen Vertiefungen der Erdoberfläche, insbesondere in den Wasserbecken, finden diese Wandermassen eine Ruhestätte, wo sie bis zu neuen tektonischen Störungen verbleiben, sofern nicht etwa an steilen Hängen auch hier noch Rutschungen — oft unter Wasser — unter dem Einfluß der Schwerkraft sich einstellen.

b) Die hydrologischen Deckgebilde [2]) nehmen weit größere Flächen als die geologischen Deckgebilde des festen Landes

[1]) Als biologische Deckgebilde dürfte man die oft ungeheuren Ansammlungen von tierischen und pflanzlichen Schalen und Skeletteilen ansprechen, die nach Verwesung der organischen Materien auf dem Grunde des Meeres und großer Landseen mächtige, weiträumige Absätze bilden (Globigerinen-, Pteropoden-, Diatomeenschlamm u. dgl.), selten aber auf dem festen Lande eine nennenswerte Bedeutung erlangen (z. B. Muschelsanddünen). Es kann aber von einer gesonderten Behandlung dieser Deckgebilde Abstand genommen werden, da das bleibende Material derselben vorwiegend mineralisch ist und die Oberflächenformen fast ganz denen von geologischen Deckgebilden ähnlicher Korngröße entsprechen. — [2]) Vgl. S. 76 ff.

ein. Dazu gehören vor allem die ungeheuren Wassermassen, welche in den Meeren und Seen der Erde in relativer Ruhe lagern, dann aber auch die kleineren, wenn auch immer noch gewaltigen Ansammlungen von flüssigem und festem Wasser, das aus den Niederschlägen stammt. Da die Niederschläge je nach der Temperatur flüssig oder fest fallen, ist auch ihr Ablauf sehr verschieden: flüssiges Wasser eilt den Vertiefungen der Erde in seichten, schmalen, streifen- oder bandförmigen Deckgebilden, den Flüssen und Strömen, zu. Der fest gefallene Schnee und der Reif haften länger, oft sogar sehr lange an der Erdoberfläche, ehe ein Schmelzen und Abfließen in tropfbar-flüssiger Form eintritt; in den Hochgebirgen der Erde und den Polargebieten dagegen fällt mehr Schnee, als wegschmelzen kann, und es stellen sich so dauernd flächenhafte Ansammlungen von Schnee oder Gletschereis ein; von diesen ist freilich letzteres in stets langsamer Fließbewegung nach abwärts begriffen, während von den Schneemassen der Höhen nicht selten große Massen katastrophenartig in Form von Lawinen donnernd zu Tal gehen, kleinere von den Winden dahin verweht werden.

Gleich den geologischen Deckgebilden zeigen auch die hydrologischen das Bestreben, nach den großen Vertiefungen der Erdoberfläche hin zu wandern; die flüssigen erreichen, weil sie die geringste Reibung erfahren, ihr Ziel rasch, wobei örtlich — an Stellen starker Strömung oder gar an Wasserfällen — auch landschaftlich sehr wirkungsvolle Geräusche erzeugt werden können; weit langsamer erfolgt die Bewegung der festen hydrologischen Deckgebilde, die erst mit dem Wechsel der Jahreszeit schmelzen oder aber in langsamem Fließen — unter Vergrößerung ihres Korns — ihr Ziel zu erreichen suchen. Am langsamsten erfolgt im allgemeinen die Bewegung bei den geologischen Deckgebilden, deren Einzelelemente infolge der starken Reibung minder leicht vorankommen und infolge der Abnutzung eine immer weitergehende Verkleinerung des Korns erfahren, bis sie schließlich am Meeresgrunde der Möglichkeit der Bewegung und damit weiterer Abnutzung und Verkleinerung entrückt werden.

3. Das Hüllgebilde[1]) der Erde, die Atmosphäre, ist an sich durchsichtig und dabei fast farblos. Dies Hüllgebilde ist für

[1]) Vgl. S. 87 ff.

die Landschaftserscheinung von der größten Bedeutung, da von seiner Beschaffenheit das Licht und die Farbe, die Sichtschärfe und vielfach auch die Sichtweite im Bilde abhängen. Trübungen durch Nebel und Staub, Übereinanderlagerung verschieden warmer Schichten u. dgl. bedingen die größten Unterschiede im Durchsichtigkeitsgrade der Luft und in der Art der Beleuchtung; sie brechen vielfach die Sonnenstrahlen und ändern in wirksamster Weise Farben und Stimmungen der Landschaften, ja können selbst die Formen zeitweise scheinbar umgestalten, indem sie Gegenstände in der Nähe des Horizontes stark verzerren oder selbst scheinbar in ganz andere Lage bringen. Die mannigfaltigen Formen und Farben der Wolken, ihre Bewegung und Höhenlage beeinflussen tiefgreifend die Landschaft, Rauch und Dampf der Kultureinrichtungen entwickeln und breiten sich in der Atmosphäre aus; Insekten, Fledermäuse, Vögel und neuerdings auch die Flugzeuge der Menschen bewegen sich in ihr; die Luft ist das Medium, in dem Schall, Licht und Gerüche übermittelt werden, und energisch bewegte Luft erzeugt für sich selbst im Sturmessausen oder durch Bewegung von Naturgegenständen (z. B. Laub der Bäume) oder Begegnung mit Kulturgegenständen (z. B. Takelwerk der Schiffe) landschaftlich bedeutsame Geräusche; in energischer Bewegung als Wind wird die Luft auch zu einem morphologisch wichtigen Transportmittel, das auf weiten Flächen der Erde — in den Wüsten — alle anderen an Bedeutung übertrifft.

Die anorganischen Landschaftselemente zeigen in gewissem Sinne eine fortlaufende Reihe der Beweglichkeit von dem Grundgerüst an, dessen Gesteine bei gewöhnlicher Temperatur und Druck starr sind, aber unter gewaltigem Druck plastisch und bei sehr großer Hitze flüssig werden, über die Deckgebilde, die der Schwere folgend sich bewegen (teils nur zeiten- und ruckweise wie der Schutt, teils ständig und gleichartig wie Gletschereis und das beweglichere Wasser), bis zur Luft, die das äußerste Maß von Beweglichkeit erreicht.

Wenn wir die unorganischen Landschaftselemente nach dem Stofflichen klassifizieren, so müssen wir geologische, hydrologische und atmosphärische Gebilde unterscheiden, deren jedes wieder über bestimmte, für das Landschaftsbild bedeutsame Formenmöglichkeiten verfügt.

Die Luft an sich bietet freilich bei ihrer Durchsichtigkeit und Leichtbeweglichkeit keine bestimmten Landschaftsformen; aber sie ist die Trägerin der landschaftlich so außerordentlich wichtigen Wolkenformen und übermittelt uns die Bilder der kosmischen Landschaftselemente; in ihr vollziehen sich die Niederschläge (Regen, Schnee, Staub- oder Aschenfall), sie trägt also wesentlich zum Formenschatz unzähliger Landschaftsbilder bei.

Die hydrologischen Gebilde der Erdoberfläche sind je nach dem Aggregatzustande und der Unterlage landschaftlich sehr verschieden. Wo das Wasser Geländevertiefungen ausfüllt, da schafft es ruhige, ebene Flächen, die sich während etwaiger Kälteperioden mit ebenso ebenen Eisflächen überziehen können; das fließende Wasser zeigt bei ruhigem Lauf ebenfalls fast ebene Oberflächen, bei unruhiger oder gebrochener Unterlage, in Stromschnellen und Wasserfällen aber werden auch die Oberflächenformen unruhiger oder das Ganze löst sich in Wasserfäden, Tropfen und Wellen auf. Schnee, Firn und Gletschereis schmiegt sich der Unterlage flächenhaft an, soweit sie nicht allzu steile Böschung aufweist, und zeigt allenthalben das Bestreben, Unregelmäßigkeiten des Untergrundes auszugleichen oder wenigstens nur abgeschwächt wiederzugeben; es entsteht so ein weicher Fluß der Linien, der durch die Konvexität der Gletscheroberflächen aller Art noch gesteigert erscheint, aber in starkem Gegensatz zu den wilden Serracs von Gletscherbrüchen und den scharfkantigen Spalten der Gletscheroberflächen steht. Abgebrochene Enden von Gletschern und Schelfeismassen, die im Meere fortgetrieben werden, bilden die gestaltenreichen und großartigen Eisberge unserer Ozeane; Schollen von Meer- und Flußeis, die getrennt, aber oft in großer Nachbarschaft beieinander dahinschwimmen, werden oft durch Strömungen und Stürme übereinander gehoben und getürmt, so daß auch durch sie sehr unruhige Oberflächenformen geschaffen werden können.

Die geologischen Gebilde der Erdkruste und Erdoberfläche bestehen teils aus zusammenhängenden Gesteinsmassen, teils aus lockeren Bruchstücken solcher. Die inneren Kräfte der Erde bauen vorzugsweise aus ersteren Grundformen oder primäre Strukturformen (Urformen) auf, die aber nur selten vollständig (Vulkane) oder wenigstens teilweise noch in

Hochland von Guatemala (Altos, bei Quezaltenango): periodisch feuchte, offene Landschaft: die Tuffwände werden vom Wasser unterspült (Rio Soco Segundo). Die blühende Agave links zeigt, daß man sich in einem Hochland der amerikanischen Tropen mit längerer Trockenzeit befindet. Aufnahme von G. Hurter.

Hochland von Guatemala: Altos bei Quezaltenango. Im Vordergrund Kulturlandschaft mit Indianerhütte. Dahinter zunächst die Vorberge des Cerro Quemado (Baul); darauf folgt die Staukuppe des Cerro Quemado (3179 m), im Hintergrund der Kegel des Santa Maria (3778 m). Aufnahme von G. Hurter.

den Grundzügen (Schweizer Jura) erhalten sind, meist aber nur aus dem inneren Bau rekonstruierbar sind, da die ursprünglichen Formen durch Abtragung der äußeren Lagen oft völlig umgewandelt sind. Die verschiedenen abtragenden Kräfte arbeiten aus dem Grundgerüst große Massen ausgewitterten oder erodierten Materials heraus und schaffen damit Abtragungs- (oder mit Passarges Ausdruck: Ausräumungs-)formen, die je nach Klima und Agens einen besonderen Stil aufweisen. Andererseits häuft sich der losgetrennte Schutt je nach der Transportweise, der Gestalt des Untergrundes und der Beschaffenheit des umgebenden Mediums in ganz verschiedenen Aufschüttungsformen auf. Doch können Wind, Wasser oder bewegtes Eis aus diesem bereits transportierten Lockermaterial wieder landschaftlich sehr wirkungsvolle sekundäre Strukturformen, wie Dünen, Schuttkegel, Deltas, Drumlins usw., hervorbringen. Je nach dem Untergrunde und den Größenverhältnissen der Schuttindividuen können die Aufschüttungsgebilde die verschiedensten Böschungswinkel einnehmen, bis im Zentrum großer Geländeflächen und bei großer Entfernung von den Höhenzügen fast ebene Flächen entstehen; ihre Oberfläche weicht dort jedenfalls bereits so wenig von der Horizontalität ab, daß sie wenigstens für die praktischen Zwecke des Malers und des Landschaftsschilderers als Ebenen erscheinen.

4. Die Grundformen oder primären Strukturformen.

Die Großformen der Erdoberfläche sind in erster Linie durch die Art der Lagerung der einzelnen Gesteinskörper in der Erdkruste bedingt. Diese Gesteinskörper stehen oft in sehr einfachen Beziehungen zueinander, oft sind aber auch komplizierte Architekturen vorhanden infolge vorausgegangener vielfältiger und verwickelter Umlagerungen von fertigen Gesteinskörpern oder noch unverfestigtem Gesteinsbrei. Oberflächengebilde, die unmittelbar durch die inneren Kräfte der Erde aus den Materialien der Erdkruste oder der Erdtiefe entstanden sind oder aber entstehen würden, wenn keine äußeren Kräfte störend eingriffen, nennen wir Grundformen, primäre Strukturformen oder auch Urformen. Die Mehrzahl derselben ist entweder eruptiver oder tektonischer Entstehung, je nachdem sie durch Material gebildet worden sind,

das feuerflüssig aus unbekannten Erdtiefen heraufgestiegen ist, oder aber durch Umlagerung bereits vorhandener Gesteinsmassen der Erdkruste entstanden sind. In gar manchen Fällen sind auch tektonische und eruptive Kräfte zusammen an der Schaffung von primären Strukturformen beteiligt, so z. B. bei kuppelförmigen Schichtenverbiegungen, manchen Faltenwürfen oder Schollenhebungen, die durch Intrusion eruptiver Massen erzeugt sind. Zu den morphologisch wichtigen Vorgängen in der Erdkruste gehören aber auch weiträumige Verbiegungen derselben, epeirogenetische Bewegungen; sie stellen zwar so flache Auf- und Einwölbungen der Erde vor, daß sie dem Auge an sich nicht auffallen, aber die morphologischen Wirkungen derselben sind doch vielfach bedeutsam.

a) Die eruptiven Struktur- oder Grundformen.

Wenn wir die jetzt meist verbreitete Ansicht als richtig anerkennen wollen, daß die Erde im Verlauf ihrer Entstehung ein Stadium durchlaufen habe, in dem die oberflächlichen Partien aus feuerflüssigem Magma bestanden hätten, so müssen wir auch annehmen, daß eruptive Urformen die ältesten festen Gebilde der Erdoberfläche gewesen wären. Solche konnten sich freilich erst herausbilden, als die umgebende Dunsthülle sich hinreichend abgekühlt hatte, um ein Erstarren der Magmaoberfläche zu ermöglichen. Wie diese erste Erstarrungskruste ausgesehen habe, vermag niemand zu sagen, wenngleich eine gewisse Wahrscheinlichkeit vorliegt, daß sie manchen modernen, erstarrten Lavaflächen ähnlich gewesen sein dürfte. Jedenfalls ist es wahrscheinlich, daß die ersten erstarrten Schollen und Flächen vielfach wieder durch Aufschmelzung verschwanden oder aber auch durch Pressung und Überschiebungen bereits gewisse Höhenunterschiede an der Oberfläche erlangten, während von den noch nicht erstarrten Magmaflächen durch fontänenhafte Eruptionen oder auch durch Explosionen mit Zerspratzung der Lava für kurze Zeit beträchtliche vorübergehende Erhebungen gebildet worden sein mögen. Bei weiter fortschreitender Abkühlung dürfte dann die ganze Oberfläche allmählich dauernd erstarrt sein, und das bald da, bald dort durchbrechende feuerflüssige Magma mag dann je nach seinem Flüssigkeitsgrade weit ausgedehnte Decken oder mächtige Kuppen und Dome erzeugt haben; ja es ist wahrscheinlich, daß damals schon

Extrusivgebilde aus den Tiefen hervorgepreßt und Lockervulkane aufgeschüttet worden wären, so daß wir uns jene älteste Oberfläche der Erde bereits recht vielgestaltig vorstellen dürfen, freilich aber sehr verschieden von dem, was wir jetzt finden, da nicht nur jegliches organisches Leben, sondern auch das Wasser fehlte, weil dieses noch dampfförmig in der Atmosphäre enthalten war.

Aber bereits damals müssen sich am Fuße der steileren Erhebungen große Massen von Schutt angesammelt haben, mehr oder minder ausgedehnte Halden bildend, nachdem Insolation und Verwitterung die betreffenden Gesteinstrümmer vom festen Gestein losgelöst und der Schwerkraft übergeben hatten, und man muß auch annehmen, daß der Wind damals schon sein Spiel trieb und kleinere Fragmente, Sand und Staub, verfrachtete, umlagerte, zu sekundären Strukturformen, wie Dünen, aufhäufte u. dgl. m. Wenn wir uns ein Bild der damaligen Erdoberfläche machen wollen, so dürfen wir annehmen, daß es am ehesten noch manchen Lavawüsten Islands oder Nordamerikas ähnlich gewesen wäre (wohl auch manchen Teilen der Mondoberfläche, aber im ganzen doch sehr davon verschieden, da vor allem die großen Ringgebirge des Mondes der Erde allezeit fremd geblieben sein dürften).

Als die Abkühlung weiter vorgeschritten war, konnte sich das Wasser kondensieren und in den Vertiefungen des Geländes ansammeln. Damit kam nicht nur ein neues Grundelement ins Landschaftsbild, sondern es begann nun auch die Arbeit des fließenden Wassers, die so ungemein bedeutungsvoll für die weitere Ausgestaltung der Landschaft ist und die zugleich auch in höherem Maße noch als der schon vor ihr tätige Wind zur Anhäufung losgelösten Schuttes und schließlich zur Bildung sedimentärer Gesteine führte. Im Laufe der Äonen und der häufigen Lagenveränderungen der äußeren Erdkruste wuchs die Sedimentärdecke stellenweise zu gewaltiger Mächtigkeit an; die ursprüngliche Erstarrungsoberfläche verschwand wohl allmählich ganz von der Erdoberfläche, und an ihrer Stelle finden wir nun teils Wasser, teils Gebilde aus eruptiven oder sedimentären Gesteinen, die in wechselvollster Lagerung ineinander greifen. Seit dem älteren Paläozoikum haben auch Pflanzen und Tiere von der festen Erdoberfläche Besitz ergriffen, und damit wurde nicht nur die äußere Erscheinung der irdischen Landschaft in intensivster Weise beeinflußt, sondern auch die Verwitterungs-, Abtragungs- und

Ablagerungsbedingungen tiefgreifend verändert und so die Grundzüge des modernen irdischen Landschaftsbildes angebahnt.

Da durch die mächtig gewordene Kruste erstarrter Eruptivgesteine und großer Sedimentärmassen das feurigflüssige Magma der Tiefe nicht mehr ohne weiteres zur Erdoberfläche aufsteigen kann, so ist die Entstehung eruptiver Oberflächengebilde in der Gegenwart nur mehr unter besonders günstigen Umständen möglich; diese sind uns freilich nicht genauer bekannt: wir wissen nicht, wieviel bei diesen Prozessen auf Rechnung von Aufschmelzung, von Spaltenbildungen, von Explosionsfolgen oder anderen Ursachen zu setzen ist. So viel steht aber fest, daß Magma auch jetzt noch zuweilen aus unbekannten Tiefen der Erde in die Höhe zu dringen vermag; oft kommt es freilich in der Erdkruste selbst bereits zur Erstarrung und langsamen Auskristallisierung (in Form von Stöcken, Batholithen, Gängen u. dgl.), ohne eine Spur seines Tiefendaseins an der Oberfläche selbst verraten zu lassen, so daß also diese Gebilde erst bei weiterschreitender Abtragung allmählich landschaftlich hervortreten können. In anderen Fällen kommt das aufsteigende Magma allerdings ebenfalls nicht zur Oberfläche, zwängt sich aber in nicht zu großer Tiefe zwischen vorhandene Schichten als Lakkolithen ein, so daß die darüber liegenden Gesteine aufgewölbt werden (also ein durch eruptive Kräfte geschaffenes tektonisches Gewölbe bilden); zugleich verändern sie aber auch die Umgebung durch ihre Hitze, so daß ringsumher Kontakthöfe, also besondere Veränderungen der bestehenden Gesteine, entstehen, die freilich erst bei starker Abtragung infolge der verschiedenen Härte- und Verwitterungsbedingungen landschaftlich zur Geltung kommen können[1]). Für uns genügt es, allein diejenigen vulkanischen Gebilde zu betrachten, die an der Erdoberfläche selbst zur Ausbildung gelangen und darum dort

[1]) Unter Umständen scheint das Magma allerdings auch noch in nächster Nähe der Oberfläche imstande zu sein, darüber lastende, feste oder in der Erstarrung begriffene Gesteinsmassen von scharf umgrenzten Umrissen mit großer Energie emporzuheben und damit turmartige (extrusive) Oberflächengebilde zu erzeugen, wie es 1902/03 unter unseren Augen am Dome des Mont Pelé geschehen ist, oder wie es auch in kleinem Maßstabe 1783 auf dem Lavafelde des Lakiausbruches in der Bildung der eigenartigen Lavapilze geschehen sein mag. Doch sind derartige Gebilde wahrscheinlich nur vereinzelt entstanden, so daß sie nicht näher behandelt werden mögen.

unmittelbar als Urformen sichtbar werden. Diese Formen selbst hängen nun größtenteils ab von den inneren Eigenschaften des Magmas, zum Teil aber auch von den Geländeformen der Umgebung des Ausbruchsortes sowie von der Art und dem Zustande des Mediums über dem Ausbruchspunkte.

Vor allem ist es wichtig, ob das Magma mehr oder weniger ruhig an der Oberfläche ausfließt oder ob es unter Explosionserscheinungen zerspratzt, also vulkanische Aschen, Sande, Lapilli, Schlacken, Bomben, Blöcke liefert oder ob es ausschließlich oder wenigstens vorzugsweise Gase unter Explosiverscheinungen frei werden läßt, welche Bruchstücke der anstehenden Nachbargesteine oder selbst recht große Stücke der Erdoberfläche ausschleudern und damit wieder gewisse Oberflächenformen schaffen können.

Das Wesentlichste bei jedem vulkanischen Ausbruch ist zunächst die Schaffung einer Ausbruchsöffnung, die bald rundliche, bald ovale, auch wohl unregelmäßige Gestalt, bald Spalten- oder Grabenform besitzen kann. Manchmal (so bei rein explosiven Ausbrüchen, die nur oder fast nur gasförmige Produkte förderten) erschöpft sich die Neubildung in Schaffung einer Hohlform, wie am 15. Juli 1888 am Bandaisan in Japan binnen kürzester Frist auf einer Fläche von 383 ha an Stelle eines Berggipfels eine etwas unregelmäßige Vertiefung entstanden ist. In anderen Fällen werden bei den Explosionen zugleich gewaltige Massen von Lockermaterial (Aschen, Bimssteine, Bomben junger Entstehung, sowie Bruchstücke anstehender alter Gesteine) gefördert, wobei große Krater nach und nach ausgeräumt werden, wie am 24./25. Oktober 1902 am St. Maria in Guatemala, oder aber plötzlich (wie am Tarawera auf Neuseeland am 20. Juni 1886 eine ganze Reihe von Explosionskratern entstand); ja wir haben sichere Gründe anzunehmen, daß durch Explosionen selbst kilometerlange Gräben ausgeräumt werden können (Eldjá im südlichen Island). Nicht selten werden übrigens bei vulkanischen Explosionen auch Bruchstücke des Anstehenden und kleinere Mengen magmatischen Materials ausgeschleudert, die dann beim Zurückfallen den Explosionskanal, wirr durcheinander gemengt, ausfüllen und rings um die Ausbruchsöffnung noch einen Wall aufschütten. Wohl haben wir in historischer Zeit keine derartigen Maare unter unseren Augen entstehen sehen, aber die geologische Untersuchung hat uns die Entstehungsweise dieser auf der Erde sehr weit verbreiteten Gebilde, die in regenreichen Gebieten nicht selten durch

den Schmuck eines Sees ausgezeichnet sind, durchaus klar gemacht, nachdem besonders auch Daubrées Experimente uns den Mechanismus derselben überzeugend vorgeführt hatten. (Daß manche maarähnliche Eintiefungen der Erdoberfläche von sehr großem Ausmaß wahrscheinlich anderer Entstehung — Einbruch — sind, sei beiläufig hinzugefügt.)

Wenn die von den Magmen entwickelten Gase bestimmte negative Urformen schaffen können, so bauen die Magmen selbst verschiedenartige positive Grundformen auf. Liegt die Ausbruchsöffnung in einer Vertiefung und steigt dünnflüssige Lava darin auf, so entsteht ein Lavasee, dessen Spiegel höher und höher steigen kann und beim Erstarren — abgesehen von oft sehr unruhiger Ausbildung der oberflächlichsten Lage — eine Ebene erzeugen wird (wie häufig in Kratern basischer Vulkane auf Island, Lanzarote, Sawaii, Hawaii — unter Umständen mit Terrassen als Überresten ehemals höherer Lavastände, wie am Masaya in Nicaragua oder am Laki auf Island). Aber Gebilde dieser Art in großem Maßstab sind auf der Erde bisher nicht nachgewiesen.

Ist die Hohlform des Kraters völlig mit Lava ausgefüllt, so erfolgt bei dünnflüssigen Magmen ein Überfließen, wie solches häufig an Lavakratern erkennbar oder an Lockervulkanen (z. B. Cotopaxi, Sangay in Ecuador) historisch belegt ist. Ist die Lava sehr dünnflüssig und so gestaltet, daß allseitiges Abfließen möglich ist, so ziehen sich flächenhaft dünne, aber breite Lavamassen und -ströme nach allen Seiten hin hinab, und es entstehen schildförmige, flache, rundliche oder ovale Berggestalten, die aus lauter verhältnismäßig dünnen Lavabänken aufgebaut sind und meist nur 2 bis 12° Neigung aufweisen, also im Vergleich zur Höhe eine sehr ausgedehnte Grundfläche bedecken: Lava- oder Schildvulkane, wie solche auf Island und Japan, sowie — mit wohlindividualisierten Strömen — auf Hawaii vielfach vorkommen; am Gipfel solcher Vulkane entstehen durch Rücksinken des Magmas am Gipfel oder an den Seiten, auch wohl durch Aufschmelzung und Einbrüche kessel- bis schachtförmige Vertiefungen (pits, vielfach auch als Calderas bezeichnet).

Ist die Lava, die in einem Ausbruchsschlot zur Oberfläche emporsteigt, zähflüssig, so entstehen oft mehr oder minder steile Dome, Kuppeln oder selbst glockenförmige Gebilde: Quell- und Staukuppen, wie sie Reyer auch experimentell nachzubilden

versucht hat, indem er in einer Form abwechselnd Lagen dunklen und hellen Gipsbreies aufgoß, dann ein Brett mit spaltförmiger Öffnung darauf preßte, worauf die Masse kuppenförmig herausquoll; als das Gebilde nach dem Erhärten durchgeschnitten wurde, zeigte es eine Zwiebelstruktur von Schlierenblättern, wie sie ähnlich am Schloßberg von Teplitz festgestellt worden ist. Meist fehlt aber in der Natur eine derartige lagenförmige Differenzierung, vielmehr scheint im Innern der wachsenden Staukuppen oft feurigflüssiges Magma zu sein, das bei Nachschub von unten die erstarrte Kruste weiter hebt, aus Rissen auch wohl austritt und oberflächlich kurze Strecken fließt (Beobachtungen von Mercalli an der Copola des Vesuvs, Lacroix am Mt. Pelé 1902/03). Jedenfalls entstehen oft sehr steile Außenhänge (Santorin, Pululagua, Toluca, Tarumai u. a.).

Wo Lava in großen Massen aus linienartigen Öffnungen (Spalten) ausfließt, da können sich langgestreckte Rückengebirge (Guatemala) mit ziemlich steilen Hängen oder, bei Dünnflüssigkeit und wenig geneigtem Gelände, ausgedehnte, oft der Horizontalen nahestehende Decken, Plateaus oder Ebenen herausbilden (Colombia in den Vereinigten Staaten, Island, Faröer, einst Dekkan), in denen oft in zahllosen Folgen Lavabänke über Lavabänken sich ausgebreitet haben. Nicht selten dürften auch Lavavulkane, wie Reck für Island annimmt, zu diesen Lavadecken beigetragen haben.

Bei Lavaergüssen in kleinerem Maßstabe entsteht vom engbegrenzten Ausgangspunkte aus auf geneigten Flächen ein starkes Übergewicht der Längen- über die Breitendimensionen: es entstehen Lavaströme, die unter sich freilich nach Größen- und Oberflächengestaltung (Fladen- und Zackenlava usw.), Rändern (hohe bei zähflüssigen, meist flache bei leichtflüssigen), wie nach Ausbildung sekundärer Oberflächengebilde, wie Hornitos, Kamine, Schollendome usw. ungemein verschieden sein können, ja selbst nach klimatischen Zonen, wie z. B. die Lavaorgeln isländischer Schildvulkane, in den Tropen nicht wieder vorzukommen scheinen, weil hier keine so rasche Erkaltung aufspritzender Lavafontänen eintritt.

Es kann an dieser Stelle auf die Kleinformen der Lavaströme (Oberflächengestaltung und sekundäre Gebilde) nicht eingegangen werden; hinsichtlich der Großformen genüge es nochmals hervorzuheben, daß sowohl Ebenen als verschiedenartige Bergformen

und auch einzelne Hohlformen durch Magmaaustritt an die Oberfläche bzw. Rückfluß und deren Folgen entstehen, wobei es sich ziemlich gleich zu bleiben scheint, ob dieser Austritt unter oder über Wasser erfolgt.

Da die Laven gewöhnlich, wenigstens an der Oberfläche, durch sehr dunkle, oft selbst schwarze Farbe ausgezeichnet sind, so bringen sie in das Landschaftsbild in frischem Zustand ein sehr auffälliges, düster wirkendes Element hinein, das die Stimmung sehr stark beeinflussen kann. —

Sehr verschieden sind die Gebilde der Lockerausbrüche bei Ausbruch unterm oder überm Wasser; wohl fehlen jegliche direkte Beobachtungen über die Entstehung submariner vulkanischer Bauten, aber die Formen gehobener, mit Sicherheit submarin gebildeter Aufschüttungsvulkane, wie z. B. des Motoyama in den Sulphur-(Vulkan-)Inseln der Südsee, zeigen, daß sie außerordentlich flache Böschungen erhalten, fast linsenförmig sind und dadurch sich aufs entschiedenste von den verhältnismäßig steilen, überseeisch gebildeten Aufschüttungskegeln unterscheiden. Genauere Kenntnis der Bildungsweise und der morphologischen Eigentümlichkeiten der unterseeisch gebildeten Aufschüttungsvulkane fehlen uns aber zurzeit noch.

Wesentlich besser sind wir unterrichtet über die Urformen subaërisch gebildeter Lockervulkane, da wir diese in großer Zahl und ausgezeichneter Erhaltung in der Natur kennen, ja teilweise in historischer Zeit unter unseren Augen haben entstehen sehen (z. B. Monte nuovo 1538 oder Izalco Ende 18. Jahrhunderts) und sie selbst experimentell nachzuahmen vermögen (Linck). Freilich sind auch hier wesentliche Unterschiede vorhanden, denn wenn die Explosivkraft sehr gering ist, so verlieren die größeren ausgeschleuderten Lavafetzen auf ihrem kürzeren Wege durch die Luft ihre Plastizität nicht, und wenn sie niederfallen, schweißen sie mit anderen zusammen und bilden Kegel mit unregelmäßigen, oft sehr steilen Profillinien nach außen und fast senkrechten oder selbst überhängenden Kraterinnenwänden, aber meist geringer Gesamtgröße: Schweißschlackenkegel (Island, Ätna) oder Driblet cones, Tröpfchenkegel (Hawaii). Ist die explosive Kraft groß, so wird vielfach das Magma unmittelbar in Asche übergeführt, oder wo Magmastückchen als solche ausgeschleudert werden, da ist dann der Weg derselben viel zu lang, als daß sich

ihre Plastizität erhielte: sie erstarren völlig in der Luft und rollen nach dem Niederfallen zur Erde aneinander ab, wobei gesetzmäßige kegelförmige Figuren mit einem zentralen Aufschüttungskrater entstehen (Schlacken- und Aschen- oder Tuffvulkane: allgemeiner Lockervulkane).

Die regelmäßige Kegelform erleidet aber unter dem Einfluß von Nachsackungen infolge der Schwere und häufiger Erderschütterungen, sowie aus anderen Gründen, insbesondere regelmäßig bei bedeutender Größe des Individuums, gewisse Modifikationen der Gestalt, insofern die oben noch steilen Böschungen nach unten hin sich allmählich abflachen („Schleppe" der Japaner) und schließlich ganz sanft auslaufen.

Da die Kegelform oft sehr rein, die Profillinien ganz ungebrochen und die Individuen oft isoliert auftreten, so sind derartige Vulkane häufig von außerordentlicher Schönheit und beherrschen weithin das Landschaftsbild.

Sehr wichtig ist aber das Maß der Windbewegung zur Zeit des Ausbruchs, da dadurch die Gestalt der Vulkane ganz wesentlich verändert werden kann: lange Rücken in der Richtung, wohin der Wind weht, unsymmetrische Gestaltung des Kraters usw.; bei manchen Vulkanen von Olot ist sogar alles vulkanische Material nur nach einer Seite des Kraters geblasen worden, während auf der anderen Sedimentärgesteine den Krater begrenzen. Und beim St. Maria-Ausbruch, 24./25. Oktober 1902, war die Windbewegung so stark, daß die massenhaft geförderten Lockermassen überhaupt keinen Hügel aufbauten, sondern weithin verweht wurden und deckenartig das ganze Gebäude auf Hunderte von Kilometern verhüllten, während an der Ausbruchsstelle selbst nur eine Hohlform, ein Explosionskrater, zurückblieb [1]).

So können also auch Decken Urgebilde sein, aber doch keine eigentlichen Urformen, weil ihre Form in der Hauptsache

[1]) Vulkanische Ausbrüche unter Eisbedeckung, wie sie vielfach in kalten Gebieten der Erdoberfläche vorkommen und vorgekommen sind, bringen zwar durch Wegschmelzen von großen Eismassen und die Entstehung gewaltiger Überschwemmungen und Schlammstromabsätze in der Umgebung der betreffenden Vulkane nicht unbeträchtliche Formveränderungen der Erdoberfläche zustande; in der Nähe des Kraters aber spielen sich die Vorgänge und vulkanischen Formbildungen nach dem Wegschmelzen des Eises natürlich in ganz gleicher Weise ab wie sonst an freier Atmosphäre.

von der Unterlage abhängig ist, gerade so wie etwa Schneedecken, denen frische vulkanische Aschendecken auch täuschend ähnlich sehen. Frische vulkanische Decken täuschen in der Tat aufs genaueste den Anblick einer Winterlandschaft vor, wenn die Auswürflinge sehr hellfarbig sind, wie das bei vielen Bimssteinen der Fall ist. Sobald aber die Auswürflinge grau, braun, schwarz oder sonst dunkelfarbig sind, ist wohl noch die Form die einer Schneedecke, aber die Farbe mutet uns dann sehr fremdartig und düster an. Besonders gilt das von schwarzen Schlackenkegeln, die sich so oft inmitten des üppigsten Grüns erheben; wo die Schlacken aber durch Oxydation rot geworden sind, da schaffen sie frohere, wenn auch ebenfalls fremdartige Farbenwirkungen, die zuweilen für manche Gebiete außerordentlich charakteristisch sind.

Wo neben Lockerförderung auch Lavaströme auftreten, da entstehen Stratovulkane, gemischte Vulkankegel, die durch die Ströme häufig besondere Formmodifikationen schon von Anfang an aufweisen.

Es würde uns natürlich viel zu lange aufhalten, wenn wir die vielfältigen Modifikationen aufführen wollten, die durch Wechselfälle der Vulkangeschichte, durch besondere Gruppierung benachbarter Individuen, durch Entstehung parasitischer Nebenkegel, durch terrassenförmige Enden einzelner Lavaströme an den Hängen, Einschaltung von Staukegeln in die Krater, Bildung von Schlammströmen und andere Verhältnisse entstehen können; aber fast immer erscheint ein vulkanisches Gebilde uns Bewohnern vorwiegend sedimentärer Gebiete landschaftlich eigenartig, fremdartig zwischen sedimentären Formen und bekundet so seine von den übrigen abweichende Natur oft schon auf den ersten Blick aus großer Ferne [1]).

[1]) Aber nicht bloß die äußeren Strukturformen vulkanischer Bildungen kommen für die landschaftliche Erscheinung wesentlich in Betracht, sondern auch die Art der inneren Struktur: bei Intrusionskörpern und im Innern der einzelnen Effusivgebilde herrscht massige Lagerung; Klüfte und Risse setzen — im Gegensatz zu der Lagen- und Bankform der Sedimentgesteine — regellos, d. i. ohne Bevorzung bestimmter Richtungen, durch die Gesteinskörper hindurch. Aber unter Umständen entstehen beim Erkalten von Gangausfüllungen oder Lavaströmen auch gesetzmäßige Absonderungen, so in fünf- bis sechskantige Säulen, die geradlinig oder gekrümmt und dann in radialstrahliger

b) Die tektonischen Strukturformen.

Als Gegensatz zu eruptiven, vulkanischen Urformen müssen wir die tektonischen betrachten, d. h. Grund- oder Strukturformen, die aus bereits vorhandenen Materialien der festen Erdkruste, also durch Umformung von Teilen derselben, entstanden sind. Diese Materialien können ebenfalls ursprünglich eruptiver Entstehung sein (sind aber dann längst erstarrte Produkte früherer magmatischer Förderungen), oder aber es sind Sedimente, das heißt Absätze von Zerstörungsprodukten früherer Gesteine oder auch von organischen Resten aus Wasser oder Luft. Derartige Absätze schmiegen sich naturgemäß im allgemeinen decken-, lagenförmig der Unterlage an — wie wir solches so oft im Winter bei Schneefall beobachten —, jedoch so, daß die ursprünglichen Unebenheiten allmählich immer mehr ausgeglichen werden und auf weiten Flächen schließlich die entstehenden Gesteinsbänke horizontal lagern.

So wäre denn in den meisten Fällen und in größter Ausdehnung die Urform sedimentärer Ablagerung, wenigstens aus dem Wasser, eine durch die oberste Schichtfläche gebildete Ebene, eine Schichtebene, über der sich durch Auflagerung neuer Sedimente oder aber auch durch Überguß dünnflüssiger Eruptivmassen immer wieder neue Ebenen aufbauen können; und wenn durch weiträumige Hebung diese Absätze über den Meeresspiegel emporgehoben würden, so entständen große Tafelländer oder Ebenen, wie z. B. die gewaltige Wüstenplatte der Alten Welt oder — und freilich mit leichter Verbiegung — die russische Tafel vor ihrer Zerschneidung solche darstellten.

Wenn so eine große Zahl ursprünglicher Ebenen als gehobener Meeresboden angesehen werden darf, so sind zahlreiche sonstige Ebenen der Erdoberfläche — abgesehen von den schon erwähnten vulkanischen Übergußtafeln — jugendliche Auffüllungen verschiedenartiger Vertiefungen der Erdoberfläche, die allmählich

---

Anordnung, oder aber plattig, schalig, kugelig auftreten können. Landschaftlich fällt besonders die säulenartige Absonderung oft außerordentlich stark ins Auge, sei es, daß sie im Querschnitt sich zeigt (wie z. B. in Giants Causeway, Irland), oder aber in ihrer gesamten Länge (wie z. B. an der Fingalshöhle auf Staffa), oder aber daß ganze Gänge säulenförmig abgesonderten Basalts herauspräpariert sind, aufgeschichteten Holzbeugen gleich, wie vielfach auf Island.

durch Fluß-, See-, Meeresbuchten-, Gletscher- oder Luftabsätze entstanden: aufgesetzte Ebenen. Eine besonders große Verbreitung haben äolisch gebildete Ebenen in den trockenen Gebieten der Erde (so die Lößebenen Asiens); sie pflegen jedoch nicht eigentliche Ebenen darzustellen, sondern wären vielmehr als ganz flache Becken zu charakterisieren, insofern von der freilich weithin ebenen Mitte aus nach den Rändern hin ein ganz sanftes, allmählich sich steigerndes Ansteigen des Geländes sich einstellt, ohne daß es freilich zu bedeutsamen Böschungen und darum für das Auge sehr auffälligen Abweichungen von der Horizontalen käme.

Sind die aufgesetzten Ebenen großenteils aus lockerem Material gebildet, so besteht dagegen der Untergrund der ursprünglichen Schichtebenen aus verfestigten Gesteinsbänken, die unter Umständen — bei gewaltiger Zerrung, Zug oder sonstigen gewaltsamen Einwirkungen (natürlich unter heftiger Erschütterung der ganzen Umgebung) brechen und längs der entstandenen Brüche auch Lagenveränderungen erfahren können. Soweit die Lagenverschiebung lediglich in horizontalem Sinne erfolgt (Blattverschiebung, wie solche z. B. beim San Francisco-Beben von 1906 eintrat), ändert sich bei einer Ebene freilich die Oberflächenform nicht, und man erkennt ihren Erfolg nur etwa an den begrenzenden Höhen oder an linearen Objekten innerhalb der Ebene selbst, wie Flußläufe, aufgesetzte Wälle oder menschliche Gebilde (Zäune, Wege u. dgl.). Sobald aber die Lagenverschiebung in vertikalem Sinne erfolgt (Verwerfung), entstehen Niveaudifferenzen (wie solches nicht selten bei Erdbeben, z. B. dem von Owens Valley in Kalifornien 1872 oder von San Francisco 1906 stattfand): Eine Landstufe (Bruchstufe) erhebt sich dann mit senkrechtem oder schräggeneigtem Abfall über einer benachbarten Ebene, oder wenn der Vorgang gleichzeitig oder zu verschiedenen Zeiten sich in gleichem Sinne in der Nachbarschaft wiederholt, so entstehen Landstaffeln und damit primäre Stufenlandschaften[1]). Der Verlauf der Verwerfungen ist häufig auf weite Strecken geradlinig oder nahezu geradlinig, nicht selten gekrümmt; häufig treten sie

[1]) Wir können uns diese Vorgänge am leichtesten klar machen, wenn wir einen dünnen Block liniierten Briefpapiers mit scharfem Schnitt durchschneiden und längs des Schnittes den einen Teil horizontal oder vertikal bewegen, also künstliche Abbilder von Blattverschiebung und Verwerfung bzw. Landstufe schaffen.

aber auch in Systemen auf, die entweder eine unregelmäßige Folge von Hebungen und Senkungen einzelner durch Längs- und Querverwerfungen entstandener Schollen erkennen lassen (primäre Tafelschollenlandschaften), oder aber längs Staffelbrüchen ein Abbrechen zu den Seiten eines zentralen Horstes (Tafelschollenberges) bzw. ein Abbrechen nach einer zentralen länglichen oder mehr rundlichen Depression hin (Graben- oder Kesselbrüche), oder nach einer bestimmten Seite hin (Staffelbruchland, wie z. B. Süd-Patagonien) erkennen lassen.

Wenn schon bei völliger Erhaltung der Horizontaloberfläche — und, bei sedimentärem Bau, des horizontalen Schichtenverlaufes im Innern — durch Vertikalverschiebungen längs Brüchen eine gewisse Mannigfaltigkeit ursprünglicher Landschaftstypen der Flachschichtung entstehen, so werden doch, ohne daß Verbiegungen der Schichten hinzuträten, nicht selten im Laufe der gebirgsbildenden Vorgänge auch einzelne Schollen schräg gestellt und damit, soweit diese an der Oberfläche sich befinden, primäre Neigungen der Oberfläche und des Schichtensystems, also eine weitere Bereicherung der ursprünglichen Landschaftsformen bewirkt (Keilschollenberge).

Nicht selten kann man aber — freilich nur in kleinstem Maße — bei schweren Beben auch beobachten, daß gewisse Gesteinslagen nicht starr genug sind, um bei starkem Zug zu zerbrechen; vielmehr geben solche unter Umständen ohne Bruch dem Zuge nach, indem sie sich verbiegen. Es entsteht so zwar im einfachsten Fall ebenfalls eine Landstufe, aber eine solche, die nicht durch scharfe Kanten und einen gleichflächigen Steilabsturz, sondern durch eine allmählich gekrümmte Verbiegungs- oder Flexurfläche mit der ursprünglichen Ebene im Zusammenhang steht: Verbiegungs- oder Flexurstufe. Bei weiter fortwirkendem Zug kann freilich schließlich doch noch ein Zerreißen, ein Bruch und eine Verschiebung längs der so entstandenen Verwerfung erfolgen, aber die betreffenden Schichten oder Schichtenkomplexe zeigen dann wenigstens noch an den Anfängen der Niveaudifferenzen die bruchlose Umbiegung (Flexurbrüche mit geschleppten Rändern, zerrissene Flexuren).

Durch einen ziemlich weiträumigen Druck von unten her, wie er z. B. durch sich bildende Intrusionskörper ausgeübt werden muß, können breite flachgewölbte Landschwellen (wie ursprünglich

das Weald in England) oder steiler aufragende Sattelgebirge und Kuppelberge (wie der Mt. Hillers in den Henry Mts.) aufgewölbt werden.

Unter sehr starkem Druck können aber nicht nur an sich plastische, sondern selbst starre Gesteine bruchloser Verbiegung und schließlich selbst einer weitgehenden Faltung unterliegen. Diese offenbar vorwiegend seitlichen Druck- und Schubwirkungen können — meist in langgestreckten Flächenstücken — mehr oder weniger energisch aufragende, im Prinzip etwa wellen- oder rückenförmige Erhebungen bilden, deren Formen zuweilen im Gelände noch in voller Übereinstimmung mit dem inneren Bau — freilich gewöhnlich nur in kleinem Ausmaß und auf mäßige Entfernungen hin — stehen (so z. B. noch im Schweizer Jura).

Meist treten Falten nicht vereinzelt, sondern in ganzen, oft sehr verwickelten Systemen auf; auch ist die Energie der Faltung oft ungemein verschieden: von ganz flachen, nur wenig aus der ebenen Fläche aufragenden Faltenwürfen an bis zu steil aufgerichteten Falten mit auf weite Strecken hin enggenähertem Schenkel finden sich alle Übergänge. — Weitgehende Unterschiede zeigen sich ferner hinsichtlich der Symmetrie oder Asymmetrie der beiden Seiten oder auch hinsichtlich des Lagenverhältnisses zur Horizontalen, insofern neben stehenden auch geneigte und liegende, selbst überkippte Falten auftreten; ja es können, wie es scheint, sogar gewaltige Faltenwürfe von riesigem Ausmaße ältere Gebirgsmassen weithin und aus großer Entfernung her über jüngere, bereits gefaltete Gebirge hinwegschieben und so streckenweise wieder ein flacheres Gelände über stark gefalteten Untergrund ausbreiten, was freilich nicht ohne stellenweise starke Zerrüttung der betreffenden Gesteine selbst geschehen kann [Deckfalten, Überschiebungen][1]). Die vielfachen Kombinationen verschiedenartiger Faltungen und Überschiebungen sind nirgends auch nur entfernt noch im Urzustande

[1]) Zur ungefähren Veranschaulichung des Gesagten übt man am besten seitlichen Druck auf ein flach auf dem Tische liegendes, an der anderen Seite festgehaltenes dünnes Heft aus; man kann sich dann leicht ein rohes Bild der betreffenden Faltungen selbst schaffen, und indem man ein einseitig scharf gefaltetes Heft über den Tisch oder etwaige niedrige Hindernisse auf demselben hinwegschiebt, kann man sich sogar eine allerdings sehr rohe annähernde Vorstellung von einer Überschiebung machen.

und mit ihrer Uroberfläche erhalten, sondern nur aus Tatsachen des inneren Baues hypothetisch rekonstruierbar — und da man über den Mechanismus der Vorgänge noch nichts Sicheres weiß, ja sogar recht verschiedenartige Deutungen der wirklich beobachteten Lagerungsverhältnisse versucht werden, so ist es auch nicht einmal mit einem größeren Maß von Wahrscheinlichkeit möglich, die ursprünglich entstehenden Oberflächenformen zu rekonstruieren, um so weniger, als es sehr wahrscheinlich ist, daß ein Teil der Faltungs- und Überschiebungsvorgänge in einer gewissen Tiefe der Erdkruste erfolgt ist. Da wir uns aber hier mit theoretischen Auseinandersetzungen nicht zu befassen haben, so genügt es für uns darauf hinzuweisen, daß die stehenden und schiefen Falten theoretisch Gebirgsketten, die liegenden Falten und Überschiebungsdecken aber tafelartige Oberflächengebilde erzeugen müßten.

Die großen Faltengebirge sind entweder durchaus aus Schichtgesteinen oder Lavaschichten zusammengesetzt (einfache Faltengebirge) oder aus Zonen von kristallinischen Gesteinen und Sedimenten (zusammengesetzten Gebirgen, zuweilen in mehrfachem Wechsel). Sofern in den Gebirgen keine Zone sich scharf von der anderen abhebt, sondern alle aus ähnlichen oder gleichartigen Formationen aufgebaut sind, sind dieselben (mit Supan) als gleichförmig zu bezeichnen; bei verschiedener stofflicher und tektonischer Zusammensetzung oder verschiedener Faltungsintensität der Zonen entstehen ungleichförmige Gebirge, die demzufolge auch einen reichen Wechsel landschaftlicher Gestaltung aufzuweisen pflegen. Kettengebirge können geradlinigen oder bogenförmigen Verlauf zeigen, letzteres namentlich bei asymmetrischem Bau, wenn nach E. Süß durch seitlichen Druck Krustenmassen nach einer Richtung hingeschoben werden und ältere starre Massen eines „Vorlandes“ schließlich dem Weiterrücken der Bewegung einen Widerstand entgegensetzen, indes auf der konkaven Hinterseite des Bogens häufig Einbrüche stattfinden. Nicht selten drängen sich mehrere Kettengebirge zusammen (Scharung), oder es zerteilt sich ein solches in mehrere auseinanderstrebende Zweige (Virgation), oder es verbinden sich zwei selbständige orographische Gebilde (Kettung) (entweder dadurch, daß sich die Falten eines Systems an die starren eines anderen anpassen oder dadurch, daß sie dieselben glatt

abschneiden). Daß neben Stauung auch Zerrung zur Herausbildung von Gebirgsbögen geführt haben kann, ist für unseren Zweck belanglos, da es sich nur darum handeln kann anzudeuten, welch zahlreiche Verschiedenheiten im Bau und in der Anordnung der Kettengebirge bestehen.

Erwähnt muß aber noch werden, daß Faltungen in der Urzeit der Erde allenthalben an der Erdoberfläche stattgefunden zu haben scheinen, daß sie aber später zeitlich und räumlich beschränkt auftraten und sich in der Hauptsache im Paläozoikum und im Tertiär abgespielt haben. Die letztgenannten Faltungen sind meist an die Umrandung des pazifischen Ozeans und an eine dem Äquator mehr oder minder parallele Zone der nördlichen Halbkugel gebunden, die in der neuen Welt in niedrigen, in der alten Welt in mittleren Breiten dahinzieht (Geosynklinalzonen), während in der paläozoischen Zeit die Gebirgsfaltungen sich großenteils in etwas höheren Breiten abspielten und auch auf der südlichen Halbkugel sich betätigten.

Indem nun vielfach wieder Brüche und Schollenbewegungen die Faltungsgebiete durchsetzten, oder gefaltete und zerbrochene Krustenstücke noch ein zweites oder drittes Mal gefaltet und vielleicht wieder zerbrochen und verworfen wurden, entstehen neue und sehr wesentliche Modifikationen des Innenbaues und der (theoretischen) Oberflächengestaltung (Faltenschollengebirge oder, wenn die Bruchbildung erst nach der teilweisen Abtragung erfolgt ist: Rumpfschollengebirge), die wiederum stellenweise eine große Bedeutung für die landschaftliche Ausgestaltung der Erdoberfläche gewinnen, aber vielfach auch wieder von horizontalen Sedimenten überdeckt worden sind.

Wie immer aber der geologische Bau der komplizierten Faltungs- und Keilschollengebiete zusammengesetzt sein mag, für die spätere landschaftliche Ausgestaltung der von ihnen eingenommenen Erdgebiete gibt immer die vorzugsweise steile Schichtenstellung und der daraus auf engem Raum sich ergebende häufige Wechsel der Gesteinsarten den Ausschlag, denn dadurch entsteht eine große Mannigfaltigkeit, und bei nicht allzuweit vorgeschrittener Abtragung auch eine große Energie der Formen, die aber nur selten (und dann meist nur auf kürzere Strecken hin) die Gestaltung des primären Baues an der Oberfläche wiedergeben, sonst aber fast ausschließlich von sekundären (d. h. Abtragungs-)

Parasitischer Vorberg des Cerro Quemado, von ONO gesehen: Kleiner Baul. Aufnahme von G. Hurter. Die Bimssteindecke des Santa Maria-Ausbruchs von 1902 hält zur Zeit der Aufnahme (12 Jahre später) den Pflanzenwuchs noch immer stark zurück, mit Ausnahme von Büschen und Bäumen, die schon vor dem Ausbruch gestanden hatten (vulkanische Lockerdecke).

Blick auf den Ostrand des Plateaulandes von Kos (Ägäisches Meer) in der Nähe von Pylli. Unten bunte Mergel unbestimmten tertiären Alters, darüber levantinische Schichten und marines Pliocän, das Ganze überdeckt von einer harten vulkanischen Tuffdecke. Schrägstellung der Schichten infolge dürftiger Vegetation deutlich erkennbar. Aufnahme von Prof. Dr. F. Plieninger.

Formen beherrscht werden in einer Mannigfaltigkeit, die sich einer kurzen übersichtlichen Darstellung entzieht, die aber den besonderen Reiz der Gebirgsgegenden auszumachen pflegt.

Viel mehr von der primären Bauform, zum Teil sogar der ursprünglichen Urform, zeigen die Landschaften mäßiger Faltung (Schweizer Jura), insbesondere aber der Flachschichtung: die Tafelgebirge und Schichtebenen. Bei geringerer Zerschneidung bieten diese mit ihrem weithin horizontal abschließenden Horizont einen sehr einförmigen, aber imponierenden, großen Eindruck, und wenn die Zerschneidung, namentlich der Tafelgebirge, weit vorgeschritten ist, so tritt zu dem immer wieder am oberen Gesichtsfeld hervortretenden, mehr oder weniger ausgedehnten horizontalen Abschluß oft eine sehr große Mannigfaltigkeit von Formen, wobei aber neben häufigen sehr steilen oder selbst senkrechten Linien infolge der stufenartigen Abtragungshänge nicht selten auch wieder die Horizontallinie einzelner Stufen und Flächen charakteristisch hervortritt und so den Grundcharakter des inneren Baues auch landschaftlich immer wieder deutlich zum Ausdruck bringt.

Wirkliche Grundformen im großen Stil bieten zurzeit die irdischen Landschaften nur noch in vulkanischen Gestalten, die in großer Zahl noch ganz unversehrt oder ganz wenig zerschnitten zu finden sind und durch ihre Eigenheit und den prachtvollen Schwung der straff gezeichneten Konturlinien (Kegelberge, Kuppen, Dome usw.) meist das Auge des Reisenden vor allen anderen auf sich ziehen — als Fremdlinge unter den übrigen Berggestalten und als Gebilde, deren gesetzmäßiger Linienverlauf in merkwürdigem reizvollen Gegensatz zu den Abtragungsformen der Umgegend steht.

c) Die epeirogenetischen Krustenbewegungen.

Obgleich die vulkanischen und tektonischen Vorgänge die wesentlichsten Veränderungen im Gefüge der Erdkruste und in der Ausgestaltung ihrer Oberfläche erzeugen, also auch für die spätere landschaftliche Erscheinung die bedeutsamsten Züge bedingen, so treten ihnen doch in morphogenetischer Hinsicht ebenbürtig zur Seite die epeirogenetischen Krustenbewegungen, das sind weiträumige säkulare Auf- oder Abwärtsbewegungen (Hebungen und Senkungen) großer Krustenstücke, ohne daß es bei der Weiträumigkeit der sich bewegenden Flächen zu einer

erkennbaren Veränderung des Gefüges der Kruste selbst käme, denn diese „kontinentalen Verbiegungen“ (Sölch), die freilich an ihren Rändern zuweilen Flexuren oder Brüche erkennen lassen, sind außerordentlich flach. Und doch wird durch die nachträglich einsetzende Arbeit der abtragenden und aufschüttenden Agenzien oft auf weitesten Flächen ein ganz bedeutender Reichtum an verschiedenartigen Oberflächengebilden geschaffen.

Bei „weiträumiger Aufkrümmung“ entstehen mehr oder minder bedeutende Niveaudifferenzen, die vielfach unter Umständen für das menschliche Auge ganz oder fast unmerklich bleiben, für Instrumente oder für das der Schwerkraft folgende fließende Wasser sehr bedeutsam werden können; denn das Wasser gewinnt durch die Hebung an Fall und damit an möglicher mechanischer Arbeitsleistung; es vermag nun rasch seine früheren Läufe zu vertiefen, sich tief ins Land einzuschneiden und damit tiefe Täler innerhalb der früheren Talböden zu erzeugen, deren Reste an den Seiten oft in sehr schön erhaltenen Terrassen in Erscheinung treten; die Arbeitsleistung der Flüsse erzeugt bei Wiederholung des Hebungsvorganges häufig ganze Serien dieser landschaftlich so auffälligen Terrassen und schafft zugleich eine immer weiter gehende Vertiefung der Täler und Zerschneidung der gehobenen Flächen und Erhebungen, wirkt also landschaftlich ungemein bedeutungsvoll, wenn auch nicht unmittelbar, sondern mittelbar infolge der Abtragungsvorgänge. Der Wind vermag bei weiträumiger Aufkrümmung keine weitgehenden Formveränderungen an der Oberfläche zu erzeugen, eher schon bei weiträumiger Einkrümmung, da er in den Vertiefungen des Geländes leicht Absätze schafft; aber die Haupttätigkeit der Absatzbildung fällt auch in diesen Fällen wieder dem fließenden Wasser zu, das all seine mitgeführten Schuttmassen und Sinkstoffe in denselben liegen lassen muß. Das Wasser schafft aber bei nicht allzu großer Lufttrockenheit oft ein weiteres Formenelement im Grunde der eingekrümmten Flächen: große Seen, die im Laufe der Zeit allmählich salzig werden und infolge von Aufschüttungsvorgängen auch wohl ihren Platz ändern können (Lop Nor z. B.). Machen sich weiträumige Verbiegungen in der Nähe des Meeres geltend, so sind die Aufkrümmungen meist mit einer Vereinfachung der Küstenlinie und Küstenform verknüpft, weil eben Aufschüttungsgebiete gehoben werden; Einkrümmungen, Senkungen bringen

dagegen meist einen weit größeren Formenreichtum hervor, als er zuvor an der Küste bestanden hatte, denn das Meer dringt nun in zahlreiche Täler und sonstige Geländevertiefungen ein und schafft so die mannigfaltigen und landschaftlich äußerst wirksamen Typen der Fjords, Rias, Ästuare, Limane usf. [1]).

Die epeirogenetischen Krustenbewegungen besitzen nicht durch sich selbst, sondern nur durch ihre morphologischen Folgewirkungen für die Ausgestaltung der Erdoberfläche eine ungeheure Bedeutung und haben sie offenbar im Laufe der Erdgeschichte in sehr vielen Fällen gehabt, so bedeutsam sogar, daß viele Geomorphologen der Ansicht sind, sie wären vielleicht für die Ausmodellierung der Erdoberfläche noch wichtiger als die vulkanischen und tektonischen Vorgänge.

5. Abtragung und Aufschüttung.

Von all den kurz beschriebenen Urformen beobachten wir — abgesehen von geringfügigen, bei schweren Beben oder vulkanischen Vorgängen gebildeten Verwerfungen, Flexuren und Blattverschiebungen — nur vulkanische Baue zuweilen noch in wirklich unversehrter Form auf der Erdoberfläche; alle anderen Grundformen sind von uns lediglich aus ihrem inneren geologischen Bau rekonstruiert und es bleibt unsicher, ob sie jemals als solche existiert haben; ja es ist sogar wahrscheinlich, daß es großenteils rein hypothetische Gebilde sind, denn ein Blick in das Walten der Natur zeigt uns, daß kein Gebilde und kein Gestein der Erdoberfläche dauernden Bestand hat, daß vielmehr die Verwitterung allenthalben tätig ist und Schwerkraft, Wind, Wasser oder Eis bestrebt sind, losgelöste Verwitterungsprodukte zu entführen und an anderen Stellen, in letzter Linie in den großen Vertiefungen der Erdoberfläche wieder abzulagern. Infolgedessen können auch nur sehr jugendliche Oberflächengebilde der Natur noch ihre unberührte, unveränderte Gestalt zeigen, während ältere Gebilde zunächst oberflächlich angegriffen werden, dann aber bis in ihr Innerstes aufgeschlossen und schließlich fast völlig abgetragen werden können. Da wir uns nun vorstellen müssen, daß der Aufbau der tektonischen Gebilde der Erdkruste sehr langsam, wenn

[1]) Vgl. S. 86f.

auch wohl häufig ruckweise, erfolgte, so müssen wir auch annehmen, daß schon während ihrer Bildung die äußeren Kräfte die teilweise Zerstörung und Abtragung der oberflächlichsten Lagen in Angriff nehmen konnten; wir dürfen sogar behaupten, daß unter Umständen ihre Arbeit mit den Fortschritten der Neubildung Schritt halten konnte, so daß z. B. ein vorhandenes Tal infolge stetiger Vertiefung seines Flußbettes seine Laufrichtung durch eine langsam sich aufwölbende, quergestellte Faltung hindurch beibehalten konnte. Manches Durchbruchstal mag in solcher Weise entstanden sein; auch die zahlreichen Quertäler der Alpen sind vielleicht so zu erklären, wenn man nicht, wie Hettner hervorhebt, in ihnen den noch nachwirkenden Einfluß von Überschiebungsdecken annehmen will. Dies Beispiel zeigt aber zugleich auch, wie schwierig es in manchen Fällen ist, eine zufriedenstellende Erklärung für manche morphologischen Gebilde selbst in Gebieten zu finden, die aufs sorgfältigste geologisch untersucht sind; außerdem zeigt es aber auch, daß eine und dieselbe Erscheinung unter Umständen verschiedene Erklärungen zuläßt. In neuester Zeit wird vielfach als ein Hilfsmittel zur Erklärung schwer deutbarer Erscheinungen angenommen, daß die betreffenden Gebiete einmal fast völlig abgetragen gewesen und dann nach Erleidung einer wesentlichen Niveauänderung aufs neue zerschnitten worden wären unter Herausbildung einer Skulpturgestaltung, die aus den Urformen selbst kaum erklärt werden könnte; wie aber Hettner mit Recht bemerkt, ist bei solchen Überlegungen die äußerste Vorsicht notwendig, und erst, wenn alle anderen denkbaren Möglichkeiten versagen und gewichtige Gründe für die Annahme einer vorausgegangenen Einebnung des Gebietes vorliegen, sollte zu solchen Hypothesen die Zuflucht genommen werden. Freilich kann nicht geleugnet werden, daß die verschiedenen abtragenden Kräfte je für sich allein imstande sind, die Berge und Gebirge unserer Erde fast bis zur Ebene herab abzutragen, so daß dann Oberflächenbau und innerer Bau gestörter Gebiete in vollstem Widerspruch zueinander stehen und auch die Gebiete der Flachschichtung im Falle starker vorheriger Hebung zu fast ebenen Flächen in tieferem Niveau werden können.

W. M. Davis hat es verstanden, von angenommenen Einebnungsflächen oder von einfachen Urformen aus unter Annahme eines bestimmten inneren Baues und bestimmter abtragender Kräfte

in anziehender Weise die Formenreihen deduktiv zu entwickeln, die schließlich wieder bis zur Herausbildung einer neuen Einebnungsfläche (Peneplain) führen würden; aber mit vollem Recht hat Passarge in seiner „physiologischen Morphologie“ (Hamburg 1912) hervorgehoben, daß wir über die Wirkungsweise der abtragenden äußeren Agenzien noch nicht hinreichend unterrichtet sind, um in allen Fällen die morphologischen Wirkungen auf die verschiedenartigen Gesteine und die verschiedenen Arten des geologischen Baues mit Sicherheit voraussagen zu können. Dazu kommt, daß auch die Rolle der Vegetation, der Schutzrinden und anderer Hemmnisse der Abtragung zurzeit noch nicht hinreichend bekannt ist. So ist es denn zurzeit noch nicht möglich, die deduktive Methode mit genügender Sicherheit anzuwenden, was insofern sehr zu bedauern ist, als sie den Fernerstehenden am leichtesten in die morphologischen Probleme und Möglichkeiten hineinführen würde. Dazu kommt, daß die Gesteine selbst in den verschiedenen Gegenden oft recht verschiedenartige Eigenschaften zeigen, also sich den abtragenden Kräften gegenüber jeweils wieder recht verschieden verhalten können, so daß von Ort zu Ort doch immer wieder Spezialuntersuchungen notwendig werden, selbst wenn man die deduktive Methode anwenden will. Besondere Beachtung muß dabei der Vegetation geschenkt werden, die sehr wesentlich auf das Maß und die Art der Abtragung und die Herausbildung der Formen zurückwirkt.

Davis und seine Anhänger pflegen in ihren Darlegungen und Blockdiagrammen die Rolle der Vegetation stark zu vernachlässigen — was zum Vorteil einer einleuchtenden einfachen Darstellung der Abtragungsvorgänge ausschlägt, aber dieselben viel einfacher erscheinen läßt, als sie es in der Wirklichkeit sind. Wer sich rasch ein Bild machen will, wie man sich den Formenablauf (oder wie Davis selbst weniger richtig sagt: Zyklus) unter Ausschaltung der Vegetation bzw. Einwirkung der verschiedenen vorherrschenden Abtragungsagenzien vorstellen kann, der betrachte die schematischen Abbildungen in Davis-Braun, Grundzüge der Physiogeographie (Leipzig und Berlin 1911), oder Davis-Rühl, Die erklärende Beschreibung der Landformen (Leizpig 1912); er wird dabei vielleicht am allerraschesten eine Vorstellung davon bekommen, wie man sich solche Formenreihen hat ausdenken können und selbst ausdenken kann, freilich unter Annahme

landschaftlicher Gebilde, wie sie eigentlich nur in Wüsten tatsächlich vorkommen könnten. Zweifellos entsprechen viele dieser gedachten Formen der möglichen Wirklichkeit, aber es empfiehlt sich dringend, zur genaueren Information über die Grenzen der Zuverlässigkeit derselben die betreffenden Abschnitte in Passarges physiologischer Morphologie nachzulesen. Man wird dann wohl zu der Überzeugung gelangen, daß Davis' deduktive Methode noch nicht überall zu zuverlässigen Schlüssen ausreicht. Wir wollen daher auch von ihr an dieser Stelle keinen Gebrauch machen und uns genügen lassen, zunächst in den allgemeinsten Zügen die Abtragungs- und Aufschüttungsvorgänge kennen zu lernen.

Ehe wir aber daran gehen, müssen wir noch feststellen, daß die vulkanischen und gebirgsbildenden Kräfte der Erde, soweit bekannt, in allen Zonen ganz gleichartig arbeiten und mit verschwindenden Ausnahmen auch ganz gleichartige Bausteine benutzen, also allenthalben auch ganz übereinstimmende Urformen erzeugen. Nur hinsichtlich der Intensität der Wirksamkeit bestehen räumlich und zeitlich manche Unterschiede: so haben C. F. Naumann (1851) und K. Schneider (1907) darauf hingewiesen, daß die vulkanische Tätigkeit die äquatoriale Zone bevorzuge, und zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, daß sie vorzugsweise in gewissen tektonisch gestörten Gebieten sich geltend macht (Bruchzonen, Innenseite von Faltungsgebirgen). Faltungen dagegen haben sich zwar im Archaikum noch allenthalben in der Erdkruste betätigt, sind aber nachher auf bestimmte Zonen (in Tertiär- und Quartärzeit auf die oben erwähnten Geosynklinalen, im Paläozoikum auf einige etwas weiter dem Pol genäherte Gebietsstreifen) beschränkt geblieben. Breitenlage und Klima an sich erwiesen sich aber ohne jeden Belang für die Ausbildung der primären Strukturformen an sich. Und doch bemerken wir bei Betrachtung der noch erhaltenen Ruinen ursprünglich gleichartig gestalteter Grundformen in den verschiedensten Gegenden manchmal die verschiedenartigste Ausbildung der Oberflächenerscheinung und wir fragen uns, welches wohl die Gründe dieser Erscheinung sind?

Bei genauerem Studium bemerken wir, daß die Gründe recht vielfacher Art sind. Zunächst glaubte man den Hauptgrund für die Herausbildung verschiedenartiger Abtragungsformen aus ursprünglich gleichartigen Grundgebilden, hauptsächlich durch

das abweichende Verhalten der Gesteine gegen Verwitterung und Abtragung und durch die verschiedenen Lagenkombinationen der Gesteinskörper zu einander erklären zu können: d. h. man suchte den Hauptgrund in den Gesteinen und dem geologischen Bau. Es ist zweifellos, daß damit in der Tat ein sehr wichtiges Moment gefunden war, das für die Erklärung der meisten Formen innerhalb eines einheitlichen klimatischen und pflanzengeographischen Gebietes ausreicht. In der Tat ist das Verhalten verschiedener Gesteine gegen Verwitterung und Abtragung außerordentlich verschieden, was sich in morphologischer Hinsicht auch oft sehr auffällig geltend macht. So tritt sehr häufig der Gegensatz zwischen Eruptiv- und Sedimentärgesteinen morphologisch hervor, indem die Schichtfugen der letzteren, die bei Aufschlüssen an und für sich schon in die Augen fallen, sich als bevorzugte Wege der Verwitterung darstellen, während in massigen, unregelmäßig zerklüfteten Eruptivgesteinen eine solche Begünstigung bestimmter Richtungen fehlt. Auch Schieferung und Klüftung tragen nicht wenig zur leichteren Verwitterung der Gesteine bei. (Hobbs hat sogar mit Nachdruck hervorgehoben, daß in vielen Gegenden die Klüftung sich selbst im Flußnetz deutlich ausspräche.)

Noch allgemeiner und deutlicher hebt sich der Gegensatz von harten und weichen Gesteinen in Gegenden heraus, wo die Abtragung vorwiegend durch mechanische Einflüsse erfolgt. In solchen Gebieten werden natürlich die weicheren Gesteine wesentlich rascher abgenutzt und abgetragen als die härteren, was sich landschaftlich oft in aller bedeutsamster Weise ausprägt, ganz besonders in Gegenden mit Flachschichtung, wo die weicheren Gesteine zur Herausbildung mehr oder weniger breiter Terrassen neigen, während den härteren Gesteinen die Steilabstürze zukommen. Wie herrlich lassen sich diese landschaftlichen Gegensätze etwa am Steilabfall der Schwäbischen Alb oder noch auffälliger in manchen Wüsten und Halbwüstengebieten (z. B. am Gran Cañon von Arizona) beobachten; wie oft heben sich aber gerade in vegetationsarmen Gebieten selbst diese weichen Schichten an Steilhängen in Form von entsprechenden Vertiefungen gegenüber den als Leisten hervorragenden härteren Schichten heraus!

Freilich ist es in vielen Fällen nicht nur der Gegensatz größerer oder geringerer Härte, sondern zugleich (so auch zum

Teil bei der schwäbisch-fränkischen Stufenlandschaft) der Gegensatz zwischen wasserdurchlässigen und wasserundurchlässigen Gesteinen, der zu Terrassenbildungen hinführen kann; denn stark klüftige oder an sich durchlässige Gesteine, wie Kalksteine und Dolomite oder Sandsteine und vulkanische Tuffe, werden von der Abspülung nur wenig betroffen, während undurchlässige Gesteine, wie Tone und Mergel, ihr sehr stark unterliegen und zudem durch Quellerosion ebenfalls ein gewisses Maß der Abtragung erfahren können.

Angesichts solcher Beobachtungen muß man in der Tat einen nicht unwesentlichen Teil der morphologischen Ausgestaltung auf Rechnung des verschiedenartigen Verhaltens verschiedener Gesteine setzen, und man versteht unter diesem Gesichtspunkte, daß Davis eine Klassifikation der Gesteine nach ihrem geographischen Verhalten versucht hat, eine Klassifikation, die freilich in ihrer bisherigen Allgemeinheit nur für bestimmte Klimagebiete Geltung hat, während sie für manche andere nur bedingt angewandt werden kann. Ja schon innerhalb desselben Klimagebietes können sich Gesteine an sich gleicher Art (z. B. Sandsteine) infolge lokal verschiedener Ausbildung (z. B. größeren oder geringeren Tongehaltes, wechselnder Bindemittel) recht verschiedenartig verhalten, so daß jeweils eine eingehende Untersuchung notwendig ist, die freilich in gut studierten Gegenden durch die geologischen Landesaufnahmen bereits erfolgt zu sein pflegt. Gegenüber dem schematisierenden Verfahren Davis' ist daher Passarges Vorgehen als entschiedener Fortschritt zu begrüßen: Passarge sucht durch Aufnahme morphologischer Spezialkarten gerade das örtlich verschiedene Verhalten der Gesteine wie der Abtragungsagenzien in typischen Gebieten genauer zu studieren und damit die Herausarbeitung des morphologischen Bildes im einzelnen verständlich zu machen; für die Zweckmäßigkeit dieses Verfahrens sprechen die reichen Ergebnisse des ersten derartigen Versuches: der morphologischen Aufnahmen des Blattes Stadtremda (Hamburg 1914).

Von größter Wichtigkeit ist es aber vor allem, das verschiedenartige Verhalten der Gesteine in verschiedenen Klimaten zu verfolgen. So ist z. B. bei uns der Kalkstein gegen mechanischen Eingriff durch Erosion des fließenden Wassers und gegen Abtragung überhaupt weniger widerstandsfähig als der Granit;

aber in den feuchten Tropen, wo die chemische Verwitterung stark überwiegt und die Zersetzung tief hineindringen kann, ist es umgekehrt; da wird der rasch zersetzte Granit verhältnismäßig schnell abgetragen, aber der der Lösung ausgesetzte, jedoch sehr klüftige, an sich weichere Kalk erfährt eine viel langsamere Abtragung und ragt daher in feuchten Tropengebieten oft in Form massiger Klötze über die Umgebung hervor. Andererseits aber verhalten sich manche Gesteine, die der chemischen Zersetzung unterliegen, jedoch frisch von verschiedener Härte sind, also auch in unseren Gegenden sich morphologisch verschieden verhalten, in den feuchten Tropenlandschaften einheitlich, weil hier vielfach der Abtragungsvorgang auf die äußere Verwitterungsdecke beschränkt bleibt und, abgesehen von Bacheinschnitten, gar nicht bis ins Anstehende hinabreicht.

Aber nicht nur das morphologische Verhalten der Gesteine ist für die Oberflächengestaltung der einzelnen Gebiete von größter Bedeutung, sondern auch die Art der Lagerungsverhältnisse, der geologische Bau, dann die Tektonik, die Art der Verbindung und Stellung der einzelnen Gesteinskörper zueinander, bestimmt doch schließlich in letzter Linie die Richtung der Abtragung und der Aufschüttung und läßt im Grunde vielfach erst die Oberflächenform verstehen. Das behält auch seine Geltung, wenn man zugibt, daß die verschiedenartigsten Oberflächenformen durch Abtragung schließlich fast bis zur völligen Einebnung — oft in stärkstem Widerspruch zum inneren Bau — gelangen können, denn selbst dann prägt sich in der Richtung der Flußläufe und mancher anderen Züge der geologische Bau noch oft in der Landschaft aus; und wenn auch zugegeben werden muß, daß nicht selten, wie Penck gezeigt hat, Antiklinalen zu Einsenkungen und Synklinalen zu Kämmen werden, so tritt doch in manchen Einzelheiten auch dann noch der geologische Bau morphologisch zutage; im allgemeinen ist dies jedoch in Gegenden der Flachschichtung in auffallenderem Maße der Fall als in stark abgetragenen Gebieten gestörten Schichtenbaues, wo nur bei starkem Wechsel in der Beschaffenheit der zusammensetzenden Gesteinskörper der innere Bau sich noch auffällig in den Formen ausspricht.

Selbst innerhalb eines klimatisch und pflanzengeographisch einheitlichen Gebietes genügen übrigens Gesteinsverhalten und geologischer Bau an sich noch nicht, um die vorhandenen Formen

ausreichend zu erklären, vielmehr muß auch die Zeit, die seit dem Beginn der Einwirkung verflossen ist, mit in Betracht gezogen werden. Schon frühzeitig ist man sich natürlich darüber klar gewesen, daß bei längerer Dauer der Arbeit abtragender Kräfte auch deren Wirkung größer sein muß, und man hat demnach schon länger von jungen und alten morphologischen Gebilden gesprochen. W. M. Davis hat dann das Bild des Lebens in seiner morphologischen Nomenklatur bis ins einzelne durchgeführt und die Idee verfochten, daß einem bestimmten Alter auch ein bestimmter Entwickelungszustand der Formen entspreche. Es ist hier zweifellos viel Wahres dabei, wie schon ein vergleichender Blick auf ein altes und ein junges Faltengebirge zeigt: hier etwa die im Paläozoikum gefalteten deutschen Mittelgebirge mit ihren breiten Rücken und ihrer mäßigen Höhe, dort aber die im Tertiär gefalteten Alpen mit ihren kühnen Graten, Zacken, Türmen und Spitzen und ihrer bedeutenden Höhe; aber trotzdem gilt der Satz Davis' nur mit bestimmten Einschränkungen. Wenngleich er z. B. in einem einheitlichen Gebiete bei gleichartiger Gesteinsbeschaffenheit zutrifft, so versagt er doch bei verschiedener Gesteinsbeschaffenheit oft, denn es ist klar, daß ein Fluß zur Durchschneidung einer harten Gesteinsmasse, z. B. eines Quarzits, weit mehr Zeit braucht als zur Durchschneidung einer weichen Gesteinsart, wie Ton oder Mergel, so daß nach Ablauf eines gewissen Zeitraumes das Flußtal bereits spätreife Formen in diesem aufweist, während es in jenem noch ganz jugendliche Formen zeigt. Man hat nun zwar versucht, durch die Unterscheidung von morphologischem und geologischem Alter solchen Schwierigkeiten zu begegnen; aber es ist klar, daß damit Umständlichkeiten und mancherlei Unklarheiten in die Nomenklatur kommen würden. Hettners Rat, mit dem Bilde des Lebens in den Formbezeichnungen Maß zu halten, ist daher durchaus am Platze; am besten ist es wohl, mit ihm und Passarge nach neutralen Bezeichnungen zu suchen, die nur die Form kennzeichnen, aber über Alter oder wahrscheinliche Entstehung keine Andeutung geben.

Aber auch die Hinzuziehung der Zeit zu den Einflüssen von Gesteinsart und geologischem Bau genügt noch nicht immer, um die Herausbildung bestimmter Oberflächenformen im Vergleich zu anderen richtig zu verstehen, denn in manchen Fällen müssen auch die Raumbeziehungen mit in Rechnung gezogen werden;

es ist offenbar, daß bei sonst gleichen Bedingungen die Abtragung auf engen Räumen, wie Inseln, Halbinseln oder schmalen Landstrichen zwischen transportkräftigen Flüssen wesentlich rascher vor sich gehen wird als im Innern weiträumiger Landflächen, wo der losgelöste Schutt nicht alsbald entführt wird, sondern noch lange als Decke das darunter liegende anstehende Gestein vor Verwitterung und Abtragung beschützt. So kann es kommen, daß selbst in den regenfeuchten Tropen die chemische Verwitterung der Abtragung nicht rasch genug nachfolgen kann, so daß auf engem Erosionsgrunde unzersetzte Gesteinskerne in Form spitzer und ungeheuer steiler Nadeln mit kahlen Wänden inmitten der üppigsten tropischen Vegetation herausgearbeitet werden können, wie im Orgelgebirge Brasiliens.

Weiter wird man auch dem bisher allerdings erst ungenügend bekannten schützenden Einfluß der jeweiligen Vegetationsdecke und anderer Schutzeinrichtungen der Natur künftighin gerecht werden müssen, wenn man den Formenschatz der Erdoberfläche richtig beurteilen will. Ja es müssen meines Erachtens, wie schon erwähnt, geradezu die Landschaften mit ausgiebigem Vegetationsschutz in Gegensatz zu solchen gestellt werden, die desselben entbehren, denn der Vegetationsfilz hält die unter ihm liegenden Verwitterungsmassen zusammen; er hält sie nach Möglichkeit am Ort ihrer Entstehung fest oder läßt an steileren Hängen nur ein langsames Abrücken oder Fließen nach abwärts unter ihm selbst zu, während in ihm selbst eine Abwärtsbewegung von Verwitterung und Schutt auf das geringste Maß beschränkt, auf seiner Oberfläche aber durch die mechanischen Hemmnisse, die von den Pflanzenstengeln, Stämmen, Blättern usw. ausgehen, immerhin ebenfalls ganz wesentlich erschwert und verlangsamt ist. Außerdem bewirkt der Gegendruck der unterhalb des Filzes befindlichen Lockermassen eine Ausbiegung der Vegetationsschwarte über vorragenden Kanten und Spitzen des Grundgerüstes, wodurch eine ausgesprochene Rundung aller Oberflächenformen im Gebiet zusammenhängender kräftiger Vegetationsdecke bewirkt wird. (Bei so hoher Bedeutung dieses biegsamen Schutzorgans begreift es sich leicht, daß die Zerstörung desselben zu rascher Änderung des Landschaftsbildes führen kann, wie oben schon kurz angedeutet worden ist.)

Wenn wir uns das alles vergegenwärtigen und wissen, wie vieles uns in dem Mechanismus und Chemismus der Verwitterungs-

vorgänge noch unklar ist, wenn wir uns ferner vorstellen, daß uns die Aufgabe obliegt, dem Einfluß des geologischen Baues auf das wirkliche Landschaftsbild, nicht etwa, wie es in den meisten morphologischen Darstellungen geschieht, auf die vegetationslos gedachte, also gewissermaßen abgedeckte nackte Landschaft nachzugehen, so begreifen wir, daß eine zufriedenstellende Darstellung zurzeit noch nicht möglich ist. In zahllosen wirklichen Landschaftsbildern tritt die Rückwirkung des inneren Baues auf die Oberflächengestaltung nur wenig auffällig hervor, weit weniger, als wenn wir die Pflanzendecke uns entfernt denken wollten, während allerdings in mancher Hinsicht eben die Art der wilden wie der kultivierten Vegetation gewisse Gesteine, die einen besonders fruchtbaren oder unfruchtbaren, besonders durchlässigen oder undurchlässigen, oder in chemischer Hinsicht gegensätzlichen Boden bei der Verwitterung hervorbringen, landschaftlich auch wieder durch die Pflanzendecke selbst besonders hervorzuheben vermag, wie z. B. die Serpentingebiete Guatemalas an ihrer schütteren Kiefernbewachsung oft schon aus großer Entfernung erkannt werden können. Naturgemäß tritt aber in der wirklichen Landschaft der Einfluß des geologischen Baues um so stärker zurück, je üppiger die Vegetationsdecke ist, und diese wieder steht in engster Beziehung zu dem in den betreffenden Gebieten herrschenden Klima. Bei einem Überblick über den Formenschatz der Erdoberfläche in Gebieten mit bestimmten klimatischen Eigenschaften zeigt sich auch meist ein starkes Überwiegen gleichartiger Formen, was einesteils auf die gleichartige Vegetation, anderenteils aber auf die gleichartigen Verwitterungs- und Abtragungsverhältnisse zurückzuführen sein wird. Es herrscht so innerhalb einheitlicher Klimagebiete auch zumeist ein einheitlicher Stil der Oberflächenformen und der landschaftlichen Erscheinung, der regional mit dem wechselnden Klima auch wieder einem anderen Stile Platz machen kann. Wo aber innerhalb einer klimatisch und pflanzengeographisch gleichartigen Landschaft verschiedene Stile der Oberflächenformen gleichzeitig vorkommen, wie z. B. bei uns vielfach glaziale Formen neben fluviatilen, in der Sahara aber trotz starken Vorherrschens äolischer Abtragung auch typische Flußtäler auftreten, da darf man in den meisten Fällen Klimaänderungen seit der jüngeren geologischen Vergangenheit als Ursache annehmen; nach Passarge wären die Inselbergland-

schaften Afrikas sogar als Zeugen eines wüstenhaften Klimas in längst vergangener Vorzeit anzusehen (Mesozoikum). In manchen anderen Fällen ist aber nicht eine Klimaänderung, sondern eine energische Niveauschwankung des Festlandes als Grund für das Nebeneinandervorkommen von ungleichartigen Oberflächenformen anzusehen, so z. B. wenn Oberflächengebilde offenbar mariner Entstehung tief im Binnenlande sich nachweisen lassen.

Solche heterogene (Hettner) oder unharmonische (Passarge) Landschaften weisen übrigens fast immer nur noch die Großformen des früheren Abtragungsstils auf, während die Kleinformen gewöhnlich völlig verwischt sind.

Sieht man nun von den heterogenen, aus einer früheren Zeit stammenden Landschaftselementen ab und zieht man nur die Oberflächenformen, die in der geologischen Gegenwart sich herausgebildet haben, in Betracht, so kann man feststellen, daß entsprechend dem Klima über weite Strecken hin ganz gleichartige Formen sich zeigen. Dies regionale Verhalten versteht sich leicht, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß sowohl die Verwitterung als die Abtragungs- und Aufschüttungsvorgänge, also die für die Formenbildung wichtigsten Prozesse (zugleich aber auch die Vegetation und der Grad ihres Abtragungsschutzes) mit dem Klima regional wechseln. —

Unter dem Begriff der Verwitterung fassen wir alle jene Vorgänge zusammen, welche eine stoffliche Veränderung oder mechanische Lostrennung der mehr oder weniger oberflächlich lagernden Gesteinsmassen durch äußere Einflüsse bedingen. Sie ist bei härteren anstehenden Gesteinsmassen die vorbereitende Instanz für die Abtragung und damit für die Ausbildung der Landschaftsformen, während lockere Aufschüttungsmassen oder sehr weiche Gesteine, wie manche Tone und Mergel, vielfach auch ohne Dazwischentreten der Verwitterung schon von Wind oder spülendem Regenwasser angegriffen werden. Selbst harte anstehende Gesteine können ohne Einfluß der Verwitterung den Angriffen der Erosion durch Wind, Wasser und Gletscher nicht dauernd widerstehen; aber unter allen Umständen bedeutet die Verwitterung eine wesentliche Erleichterung und eine Vorbereitung der Abtragung.

Die Verwitterung tritt in den verschiedenen Gegenden sehr verschieden auf, entsprechend den wechselnden klimatischen Bedingungen, aber auch der Beschaffenheit der anstehenden Gesteine.

Sie ist entweder mechanisch oder chemisch. Die mechanische Verwitterung hat ihr Hauptbereich in Gebieten, wo Frost oder Besonnung und die starken Temperaturschwankungen eines kontinentalen Klimas herrschen; sie wird durch Fehlen oder Dürftigkeit der Vegetation besonders begünstigt, gleichviel ob mangelnde Wärme oder mangelnde Feuchtigkeit die Schuld an der Vegetationsarmut trägt. In den warmen Trockengebieten der Erde ist aber zugleich auch der Hauptort der inneren chemischen Gesteinsverwitterung.

Wo der Frost als Verwitterungsagens energisch wirken soll, da ist das Vorhandensein von Wasser Voraussetzung: bei der Umwandlung des Wassers zu Eis entsteht ja eine nicht unerhebliche Ausdehnung, die eine gewaltige Sprengwirkung auszuüben vermag. Die eigentliche Heimat des Frostes sind die Polargegenden und die Hochgebirge aller Zonen; aber der Frost wirkt auch in mittleren Breiten im Winter oft recht bedeutsam, besonders in Gegenden mit kontinentalem Klima, also strengem Winter. Das Maximum der Frostverwitterung findet sich in den Gebieten mit sehr tiefen Temperaturen, wo oft riesige Blöcke gesprengt werden, und in solchen mit häufigen Temperaturschwankungen um den Gefrierpunkt herum.

Die Insolation, die Wirkung der Sonnenbestrahlung, macht sich natürlich hauptsächlich in Gebieten mit dürftiger oder fehlender Vegetation geltend, wo die Sonnenstrahlen das Gestein erwärmen und dadurch bei der nachfolgenden Abkühlung Spannungen gegenüber den inneren, nicht mehr erwärmten Gesteinslagen erzeugen. Die Besonnungswirkung wird verstärkt, wenn das Gestein aus verschiedenfarbigen Elementen besteht, die unter dem Einfluß der Sonnenstrahlen sich ungleichmäßig erwärmen, wodurch Spannungen und schließlich eine Lockerung des Gefüges der äußeren Gesteinslagen entstehen. Die Wirkung der Insolation ist am stärksten da, wo die höchsten Hitzegrade erreicht werden und zugleich häufige und starke Abkühlung erfolgt, also in tropischen und subtropischen Wüsten, während die Wirkungen in den kälteren Gebieten, namentlich in den Polargebieten mit ihren langen Tagen, wesentlich herabgesetzt sind. Zweifellos werden durch den Einfluß der Besonnungsspannungen vielfach Gesteinssplitter, Gesteinsschuppen und -platten losgelöst, während man heutzutage allerdings geneigt ist, die in Wüsten-

gegenden so häufigen Kernsprünge durch Gerölle und große Blöcke hindurch weniger darauf, als auf den Einfluß der Austrocknung der inneren Feuchtigkeit oder aber auf plötzliche Abkühlung der stark erhitzten Gesteine durch Platzregen zurückzuführen.

Die große Lufttrockenheit und die Winde der warmen Wüstenregionen erzeugen aber nach J. Walther auch eine chemische Verwitterung im Innern der Gesteine: die starke Besonnung bringt nämlich nicht nur das oberirdische, vadose Wasser zur Verdunstung, „sondern greift auch die unterirdischen Wasservorräte des Wüstenlandes mit unwiderstehlicher Gewalt an. Die geringen Spuren von Bergfeuchtigkeit, die wir in allen frischen Aufschlüssen bemerken, werden durch Sonne und Wind, wie in einem Exsikkator, nach oben gehoben. Das lösende Wasser wird abdestilliert, und der gelöste Salzgehalt scheidet sich in den obersten lockeren Bodenschichten oder an der Oberfläche der Gesteine aus“ (J. Walther). Diese sehr mannigfaltigen Salze schaffen an der Oberfläche Salzausblühungen und Schutzrinden; ihre Lösung aber kann die Gesteine völlig verändern und eine Verwitterung im Innern bewirken, während die Schutzrinde noch lange die äußere Form bewahrt.

Im Gegensatz dazu besteht in den feuchteren Gebieten der Erde eine chemische Verwitterung von außen her, hauptsächlich vermittelt durch das eindringende kohlensäurehaltige Wasser der Niederschläge, die Luftfeuchtigkeit und den Sauerstoff der Atmosphäre; sie wird begünstigt durch die Wärme, die ja die Mehrzahl der chemischen Prozesse beschleunigt und ihre Intensität steigert. Das Optimum und Maximum der chemischen Verwitterung von außen her finden wir daher in den feuchten Tropen; aber auch in den mittleren Breiten spielt dieselbe noch eine große Rolle, während sie in den dauernd kalten Gebieten mehr zurücktritt.

Die chemische Verwitterung ist nach J. Roth entweder eine einfache oder eine komplizierte. In ersterem Falle löst das kohlensäurehaltige Wasser gewisse Gesteine und Mineralien völlig auf und entführt sie, wodurch naturgemäß Massendefekte, Aushöhlungen an der Oberfläche (Karren, Dolinen usw.) und im Gesteinsinnern (Höhlen und Gänge) entstehen oder ganze Gesteinskomplexe (so von Kalkstein, Dolomit, Anhydrit, Gips, Kochsalz)

verschwinden können unter Zurücklassung der tonigen unlöslichen Verunreinigungen als Verwitterungserde (Residualboden). Bei der komplizierten Verwitterung handelt es sich dagegen um chemische Umsetzungen, welche die bei der einfachen Verwitterung entstehenden Lösungen sowie die von absterbenden Pflanzen erzeugten Humussäuren und humussauren Alkalien auf einen Teil der Mineralien der betroffenen Gesteine oder auf alle ausüben — ein Prozeß, der noch begünstigt wird durch Ansiedlung mikroskopischer Organismen, die unmittelbar aus der Luft Kohlensäure und Stickstoff aufnehmen. Es wird dadurch das Gestein allmählich in einen Zersetzungsboden umgearbeitet, der bereits höheren Pflanzen die Möglichkeit der Ansiedlung gewährt. Trotz einer oft nicht unwesentlichen chemischen Verschiedenheit können dabei physikalisch sehr gleichartige Bodenarten entstehen. Die Verwitterung vermag längs Klüften, Schichtflächen und sonstigen Unterbrechungen des Gesteinszusammenhaltes rasch auch in größere Tiefen des Gesteins vorzudringen, und da Kluftsysteme sich häufig mehr oder weniger regelmäßig in drei Dimensionen erstrecken, so schneiden sie parallelopipedische Stücke ab, die sich infolge der Verwitterung oft loslösen und Blockmeere erzeugen. Oft werden sie nach und nach immer tiefer hinein zersetzt, bis schließlich, wie oft in den feuchten Tropen, nur noch je ein kleiner frischer Gesteinskern übrig bleibt oder auch das Ganze völlig zersetzt ist. So können, besonders in den Tropen, sehr mächtige Verwitterungsböden entstehen, die sich dank dem Schutz der üppigen Vegetation selbst an ziemlich steilen Hängen noch behaupten.

Während in den immerfeuchten Tropen die Einflüsse der chemischen Verwitterung ständig andauern, treten sie in den periodisch feuchten Tropen und Subtropen während der trockenen Jahreszeit stark zurück, und es kann dann bei Blattfall oder bei völligem Verdorren der Vegetation die durch Insolation bewirkte mechanische Verwitterung große Bedeutung erlangen. Ähnlich ist es in den mittleren Breiten, wo die im Sommer frostfreien Gebiete während des Winters für längere oder kürzere Zeit unter den Einfluß der Frostverwitterung kommen. So müssen wir denn hinsichtlich der Verwitterung neben Gebieten mit völligem Vorherrschen einer Verwitterungsart solche unterscheiden, die periodisch bald der einen bald einer anderen überlassen bleiben. Wir

erhalten so teils fast rein eintypische[1]), teils gemischte zweitypische Verwitterungsbezirke; die extremen Vertreter der ersteren sind einerseits die Wüsten, andererseits die immerfeuchten Waldländer, namentlich der Tropen, während die gemischten Bezirke zumeist den pflanzengeographischen Übergangs- und Zwischenbildungen zwischen diesen beiden Extremen zugehören. Ein solches wenigstens teilweises Übereinstimmen der Gebiete bestimmter Verwitterungsarten und Vegetationsformationen wird uns verständlich, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß eben beide vom Klima abhängig sind. —

Da die Verwitterung in ihren von außen her wirkenden Formen eine Lockerung des Gefüges der äußersten Gesteinslagen und schließlich einen völligen Zerfall derselben herbeiführt, so müßte sich allmählich eine ungeheuer mächtige Verwitterungsdecke darüber ansammeln, die zugleich einen weitgehenden Schutz gegen weitere Verwitterung bieten würde, sofern nicht Abtragung, eine Verfrachtung der Verwitterungsprodukte, in mehr oder weniger ausgedehntem Maße stattfände. Die Faktoren, die sich an dieser Verfrachtung lockerer Oberflächenmassen beteiligen, sind nun wiederum größtenteils regional, vielfach auch zeitlich verschieden in Abhängigkeit vom herrschenden Klima; nur eine der in Betracht kommenden Kräfte ist immer und überall, und praktisch auch überall in gleicher Intensität bereit, lockere Oberflächenmassen nach abwärts zu befördern: das ist die Schwerkraft.

Aber freilich die Schwerkraft allein kann nur in seltenen Fällen unmittelbar abtragen, ehe die Verwitterung vorgearbeitet hat, dann aber in allen Klimagebieten der Erde in gleicher Weise, nämlich bei vulkanischen Lockerausbrüchen, bei denen die Schwerkraft Geländeformen (Kegel, Wälle u. dgl.) nicht nur bildet, sondern sogleich auch teilweise wieder zerstört. Es gilt das insbesondere von noch heißen Aschenmassen, die ein großes Maß von Beweglich-

[1]) Absolutes Alleinherrschen einer Verwitterungsart scheint nur bei den Gesteinen, die dauernd unter Wasser oder unter Gletschereis begraben und dort den besonderen Angriffen der äußeren Kräfte ausgesetzt sind, vorzukommen, während an der subaerischen Landoberfläche wohl nirgends völlig einheitliche Verwitterungsvorgänge vor sich gehen, denn selbst in den regenfeuchten Tropenwäldern tritt mechanische Verwitterung auf (freilich besonderer Art: Sprengen durch Pflanzenwurzeln), und keine Wüste dürfte ganz gelegentlicher Niederschläge und Durchfeuchtung von oben her entbehren!

keit aufweisen; infolgedessen setzen sich an steilen Berghängen, häufig durch Wind, auffallende Bomben, Beben und andere Erschütterungen ausgelöst, oft aber auch ohne erkennbare Sonderursache, Aschenlawinen in Bewegung, die große Lockermassen nach abwärts befördern und auffällige, weithin sichtbare, geradlinige Rinnen zurücklassen, womit sie Vulkankegeln das Aussehen eines halbgeöffneten Regenschirmes geben. (Auch Wind oder Regen können leichte Lockermassen alsbald aufnehmen und in bedeutenden Mengen verfrachten, letzterer aber freilich nur dann, wenn die Asche bei der Befeuchtung zu einer für Wasser schwer durchlässigen Masse wird, während Schlacken- und Bimssteinmassen den Regen begierig aufsaugen und oberflächlich keine Spülwirkung zulassen.)

Abgesehen von dem einzigen Fall vulkanischer Lockerausbrüche bedarf aber die Schwerkraft der Vorarbeit der Verwitterung, um für sich allein abtragen zu können: Wo an vegetationslosen oder vegetationsarmen Steilhängen die Verwitterung kleinere oder größere Gesteinsstücke hinreichend gelöst hat, da kann die Schwerkraft allein den Absturz herbeiführen, wie die Steinschläge unserer Hochgebirge zeigen; in Gegenden mit üppiger Pflanzendecke aber ist sie nur selten in der Lage, unmittelbar wirksam zu werden; ihr Hauptwirkungsgebiet ist jedenfalls in den Gegenden mit vorherrschender mechanischer Verwitterung (Wüsten, Hochgebirge). Meist verbindet sie sich mit anderen Agenzien zu tatsächlicher Wirksamkeit.

Am wenigsten springt dies in die Augen beim Wind. Lockere Verwitterungsprodukte von großem Gewicht überliefert er an Hängen freilich häufig unmittelbar der Schwerkraft. Aber da, wo er selbst noch am Erdboden bedeutende Geschwindigkeiten erreicht, wie so oft in Wüsten- und Steppenlandschaften, vermag er Staub und Sand, ja unter Umständen auch noch recht ansehnliche Steine aufzuheben und in geringer Höhe über dem Boden fortzutreiben, die leichten Objekte aber in scheinbarer Verachtung der Schwerkraft selbst in sehr bedeutende Höhen hinaufzuheben und oft auf sehr große Entfernungen hin über hohe Bergkämme hinweg fortzutragen. Erst ein Nachlassen der Windgeschwindigkeit gestattet der Schwerkraft, die widerspenstigen Massen wieder zur Erde herabzuziehen. Soweit das aber in vegetationslosen oder vegetationsarmen Gegenden statthat, kann jeder neue Windstoß sie wieder entführen; und nur da, wo eine

kräftigere Vegetationsdecke oder aber eine Wasseransammlung, wohl gar das Meer, die fallenden Massen aufnimmt, ist ihnen langdauernde Ruhe oder wenigstens Gewähr gegen baldigen weiteren Windtransport beschieden.

In Gebieten mit einer kräftigen Pflanzendecke hat der Wind als Verfrachter seine Hauptrolle ausgespielt: wir sehen ihn bei uns meist ja nur in trockener Zeit an Wegen und anderen künstlich von der Vegetation befreiten Flächen (frisch gepflügten oder abgeernteten Feldern u. dgl.) noch in auffälliger Weise tätig, während seine Wirksamkeit für die Abtragung sonst nur noch indirekt sich geltend machen dürfte, so z. B. an bewaldeten Berghängen, wo die Wurzelscheiben windbewegter Bäume das Erdreich nach abwärts drängen.

Auf dem Meere und anderen großen Wasserflächen, wo infolge der besonders geringen Reibung die Windgeschwindigkeit am größten ist, kann der Wind unmittelbar keinerlei Wirkung auf die Abtragung ausüben, wohl aber entfalten die vom Wind erzeugten Wellen und Strömungen an der Küste eine starke Abtragungswirkung — insbesondere die Brandungswellen an Steilküsten —, während Küstenversetzung und Küstenströmungen in der Hauptsache mehr eine umlagernde Tätigkeit längs der Küste als eine Verfrachtung nach größerer Tiefe hin ausüben.

Eine außerordentlich wichtige Rolle als Abtragungsmittel spielt das oberflächlich abfließende Regen- oder Schneeschmelzwasser, das in manchen Fällen (so bei Platzregen oder plötzlicher Schneeschmelze) große Massen des oberflächlich lagernden Lockermaterials aufnehmen und nach abwärts verfrachten kann; manchmal entstehen, namentlich in vulkanischen Gegenden, durch plötzlichen Ablauf starker Wassermengen mächtige Schlammströme; auch können auf wenig durchlässiger Unterlage zusammenhängende Schichtfluten in einer gar nicht unbedeutenden Mächtigkeit in breiter Front die Hänge hinabströmen unter Mitnahme bedeutender Lockermassen, wie z. B. in mexikanischen Wüstenregionen mehrfach beobachtet worden ist. Die abspülende Wirkung ist im allgemeinen da am größten, wo die Vegetation am dürftigsten ist, also in Wüsten (wo sie freilich nur selten in Tätigkeit treten kann) und in Steppen. In periodisch feuchten Ländern ist die Spülwirkung am kräftigsten beim Beginn der Regenzeit.

denn die in der Trockenzeit vorherrschende mechanische Verwitterung schafft in der Hauptsache Lockerung und Lostrennung oberflächlicher Gesteinsmaterialien und überliefert so unter Umständen das Produkt ihrer Arbeit unmittelbar der Abtragung; die in der Regenperiode überwiegende chemische Verwitterung dagegen arbeitet da, wo sie kräftig am Werke sein kann, weniger an der Oberfläche selbst als unterhalb der Vegetationsdecke und der äußeren Bodenlage. Infolgedessen ist also das Produkt der letzten Verwitterungstätigkeit (wie auch der ebenfalls oft unter die Vegetationsdecke hinabdringenden Frostverwitterung) vorläufig gegen Abtragung geschützt, während ältere Verwitterungsprodukte und jüngerer Humus ihr vielfach unterliegen. Im Walde ist die oberflächliche Abtragungswirkung des Regenwassers im allgemeinen wesentlich herabgesetzt, da der unmittelbare Anprall des Regens auf den Boden durch die Baumkronen abgehalten wird und die verschiedensten Einrichtungen des Waldes auf ein reichliches Einsickern des Regenwassers und eine möglichste Herabsetzung der Menge des oberflächlich abfließenden Wassers hindrängen. Trotzdem findet das oberflächlich abfließende Wasser jederzeit bei starken Regengüssen auch im Walde noch erdige Materialien, Sand und Steinchen genug, die es abschwemmen kann, und selbst im tropischen Urwalde, wo der Boden nie völlig austrocknet, ist nach dem Ende der auch hier vorkommenden kurzen Trockenperioden die Abspülung am bedeutendsten, weil doch in solchen Zeiten, wenigstens an der äußersten Oberflächenlage, ein leichtes Austrocknen und Abkrümeln sich einzustellen pflegt. Daß die Abspülung schließlich auch ein wenig nach der Tiefe wirkt, zeigen übrigens die zahlreichen, durch sie freigelegten Oberflächenwurzeln selbst der Waldgebiete. Stärkere Wirkungen dieser Art beobachtet man aber an den weniger gut geschützten Grasflurhängen. (Eingehendere Untersuchungen über die Schutzwirkungen der Vegetation und des Bodenbelags, die auch in klimatisch einheitlichen Gebieten offenbar oft von Ort zu Ort stark wechseln, fehlen noch größtenteils.)

Sind im allgemeinen die Transportleistungen des oberflächlich abfließenden Regenwassers sehr groß, so sind aber andererseits zweifellos auch die Transportleistungen des in den Untergrund eingesickerten Regen- oder Schneeschmelzwassers ebenfalls beträchtlich, namentlich in Gebieten, die des Vegetationsschutzes entbehren. Es wirkt hier das in den groben Schutt eindringende

Wasser wie ein Schmiermittel, welches das langsame, schon durch Temperatureinflüsse und chemische Vorgänge eingeleitete, durch Windstöße und andere Erschütterungen begünstigte und darum selbst in Waldgegenden wirksame Abwärtsrücken, Abwärtswandern, Kriechen des Bodens erleichtert, und zwar mit besonderer Energie in Gegenden, wo Frost eintritt, denn dieser bringt das im Schutt befindliche Wasser zum Gefrieren, womit eine Verschiebung der Materialien, oft über den stabilen Gleichgewichtspunkt hinaus, verbunden ist. Wo aber das Regen- oder Schneeschmelzwasser in oberflächliche Ton- oder Mergellager oder in tonige Böden einsickert, da können dieselben so erweicht werden, daß sie ganz langsam abwärts zu fließen beginnen, namentlich dann, wenn ein wasserundurchlässiger Untergrund (in den Polargebieten z. B. gefrorener Boden) das Tiefereinsickern des Wassers verhindert, eine große Menge desselben also auf eine verhältnismäßig dünne Oberflächenlage konzentriert. In Gegenden mit zusammenhängender Vegetationsdecke ist zwar der im eigentlichen Wurzelfilz befindliche Boden wohlgeschützt und dürfte nur in sehr geringfügigem Maße ein Abrücken erfahren; dagegen findet Abrücken, Kriechen offenbar in beträchtlichem Maße unterhalb der Vegetationsdecke statt, wobei etwaige Pfahlwurzeln der Bäume wohl zu hemmen, aber nicht völlig aufzuhalten vermögen. Ebenso können, wie Schmitthenner gezeigt hat, aus gröberem Schutt unterhalb der Vegetationsdecke die feineren Materialien ausgewaschen, ausgespült werden. Es kann aber auch unter ihr der Boden selbst fließfähig werden (wie häufig in den feuchten Tropen); ja unter Umständen erlangt er sogar breiartige Beschaffenheit und kann dann mit den eingeschlossenen Geröllen durch die Vegetationsdecke hindurchbrechen und zu Tale fließen (Rutschungen, Muhren der Alpen). Selbst in regenfeuchten Tropengegenden mit üppigstem Waldkleid können dadurch bei sehr starken Niveaugegensätzen auf engstem Raume für längere Zeit kahle Steilhänge entstehen. (Ja die abtragungsfördernde Wirksamkeit des eindringenden Regenwassers geht noch weiter, denn in nicht seltenen Fällen gibt es durch Erweichen anstehender eingeschalteter Tonschichten Anlaß zu Bergschlipfen oder bringt selbst anstehende Ton- oder Mergelmassen in langsame Fließbewegung, greift also sogar in den Bestand des Anstehenden ein, freilich ohne einen aktiven Angriff darauf auszuüben.)

Gegenüber den ungeheuren Massen, die Wind und abfließendes Wasser bewegen, sind die vom Gletschereis auf dessen Rücken und in seinem Innern abwärts getragenen Schuttmassen von geringerem Ausmaß trotz ihrer an sich ebenfalls gewaltigen Menge.

Alle die bisher besprochenen Abtragungsleistungen, die eine außerordentlich große Bedeutung für die morphologische Ausgestaltung der festen Erdoberfläche besitzen, beziehen sich in der Hauptsache lediglich auf den Transport von Verwitterungsprodukten an sich, üben aber keine zerstörende Wirkung auf das anstehende Felsgerüst aus. Wir können also geradezu von einer passiven Abtragung sprechen. Dieselben Agenzien sind aber auch imstande, mit Hilfe fester Verwitterungsprodukte das Felsgerüst aktiv anzugreifen und durch die dabei ausgeübte Zerstörung Ausräumungsformen zu schaffen, die zu den charakteristischsten Elementen der Landschaft gehören.

Wir nennen diese zerstörende Tätigkeit der Abtragungsagenzien Erosion und sprechen von einer äolischen, einer glazialen, einer fluviatilen und einer marinen Erosion, deren jede einen gewissen Formenbestand aufweist und auf bestimmte Gebiete vorzugsweise beschränkt ist.

Auch die Schwerkraft für sich allein kann morphologisch bemerkenswerte Erosionswirkungen ausüben an Stellen, wo losgelöster Schutt häufig niedergeht, wie in den Steinschlagrinnen der Hochgebirge, den Schuttmühlen polarer Länder usw.

Die äolische Erosion wirkt flächenhaft: die vom Winde mitgeführten Sande und Steine werden von ihm gegen die anstehenden Gesteine geschleudert und nutzen dabei die weicheren weit mehr ab als die harten, die zum Teil nur poliert werden; in kleinen Vertiefungen wirbelt der Wind Sand umher, wodurch allmählich größere Höhlungen entstehen können usw. Da die äolische Erosion in ihren Wirkungen nicht ausschließlich an die Schwerkraft gebunden ist, also ein unteres Denudationsniveau für sie nicht gilt, so ist sie sehr wohl imstande, Mulden der festen Erdoberfläche tief unter das Meeresniveau hinab auszuhöhlen, während die übrigen abtragenden Kräfte in diesem oder dem Grund kontinentaler Depressionen eine untere Grenze ihrer Wirksamkeit haben.

Die glaziale Erosion wirkt bei Inlandeismassen oder Plateaugletschern ebenfalls flächenhaft, bei Talgletschern mehr

bandförmig. Die am Grunde und an den Seiten eingefrorenen Schuttstücke arbeiten unter dem Einflusse des Druckes und der Bewegung der Eismassen wie Feilen an dem anstehenden Gestein, graben tiefe Kritzer in dasselbe ein oder polieren es, nutzen es ab (und zwar je mehr, je weicher das Gestein ist), reißen Gesteinsstücke, die durch subglaziale Verwitterung schon vorher gelockert waren, los u. dgl. m. Der am Grunde vorwärtsgeschobene Schutt erfährt eine fortschreitende Zerkleinerung und Zerreibung. Der Felsboden der Täler wird zu breiten Eintiefungen von U-förmigem Querschnitt ausgearbeitet, größere Flächen werden abgeschliffen und lassen nur an den Stellen härterer Gesteine ansehnliche gerundete Erhebungen übrig.

Die Erosion des flüssigen Wassers arbeitet linien- oder bandartig, gleichviel ob sie vom fließenden Wasser (fluviatile Erosion) oder vom Meere (marine Erosion) ausgeübt wird. Bei der marinen Erosion schleudert die Brandungswelle Gerölle des Strandes wie Wurfgeschosse gegen die Kliffs und übt so (unter Zurückdrängung der Kliffs) eine auswählende Erosionswirkung aus, doch können auch wohl Strömungen allein weichere Felsböden abnutzen. Bei der fluviatilen Erosion arbeiten die mitgeführten Gerölle den Felsboden, aber auch die seitlichen Ufer ab und bringen so eine Vertiefung und Verbreiterung des Flußbettes hervor; die entstehenden Täler sind in der Jugend kerbartig eingeschnitten mit V-förmigem Querschnitt oder aber — in Gebieten wasserdurchlässiger Gesteine oder trockenen Klimas — kañonartig, mit fast senkrechten Wänden; bei größerem Alter bilden sich in ursprünglichen Kerbtälern durch Aufschüttungen mehr oder minder ausgedehnte Talböden heraus (Sohlentäler), und schließlich entstehen durch Ausgleichsbewegungen an den Seiten Muldentäler. Die Täler verlängern sich durch Rückwärtseinschneiden auch nach rückwärts und kommen dadurch nicht selten in Konflikt mit benachbarten Tälern, deren Flüsse abgezapft werden können usf. Desgleichen kann sich aber in regenreichen Gebieten und auf wasserundurchlässigem Gestein durch Entstehung neuer Zuflüsse rasch eine größere Flußdichte herausbilden; doch bleibt sie auf sehr klüftigem und durchlässigem Gestein (Kalkstein, tonarmer Sandstein) stets gering. Ganz natürlich ist unter normalen Verhältnissen die Erscheinung, daß die Größe der Täler und ihrer Flüsse in bestimmten Verhältnissen zueinander steht.

In Gebieten, wo klüftige, lösliche Gesteine anstehen, wie besonders Kalksteine oder Dolomite, da erfolgt übrigens der Ablauf der Niederschläge vielfach nicht oberflächlich (in Form von Flächenspülung und organisierten oberflächlichen Wasserläufen), sondern zum großen Teil unterirdisch in Spalten, Gängen und Höhlen, wobei das Wasser in große Tiefen hinabdringt. Das entstehende Grundwasser kann dabei mit dem benachbarter Kluftsysteme in Verbindung treten, so daß ihr Wasserspiegel weithin einheitliches Niveau zeigt. Bei der unterirdischen Zirkulation übt das Wasser lösende Wirkungen und mechanische Erosion auf die begrenzenden Wände seiner Wege aus und erweitert dieselben dadurch mehr und mehr, langgedehnte, vielverzweigte Systeme von Hohlräumen wechselnder Dimensionen erzeugend. Unter Umständen wirken dieselben sogar auf die Oberfläche zurück, und zwar dann, wenn nahe der Oberfläche das Dach großer Hohlräume einstürzt und trichter-, schlot- oder kesselförmige Vertiefungen (Einsturzdolinen) an der Oberfläche zurückläßt (Karstgebiete). —

Dieselben Kräfte, die abtragend wirken, wirken aber auch aufschüttend, akkumulierend und schaffen dadurch einerseits geologische Deckgebilde, die den Einblick in den geologischen Bau verhüllen, andererseits aber doch auch, zum Teil wenigstens, neue Oberfächenformen, die unter Umständen für gewisse Gegenden höchst charakteristisch sein können.

Wo die Schwerkraft allein die Aufschüttung regelt, da erhält man Aufschüttungsformen, die in ihren Böschungswinkeln oft auffallende Gesetzmäßigkeiten aufweisen, so z. B. Schutthalden im Hochgebirge mit ihren steilen, weithin gleichbleibenden Neigungswinkeln oder auch Abrückungs(Kriech-)halden in Trockengebieten mit ihren nach dem Ende zu immer sanfter werdenden Böschungen.

Während diese Aufschüttungsformen noch starke Abhängigkeit vom Untergrund verraten und sich einseitig an dessen Erhebungen anlehnen, zeigen viele vulkanische Aufschüttungsformen mit ihren geometrischen, auch experimentell nachahmbaren Formen bereits ein hohes Maß von Selbständigkeit, und wo sie durch äußere Einflüsse modifiziert sind, da hatten die zufälligen Zustände der Atmosphäre, wie Windrichtung und -stärke, oft eine größere Bedeutung für die Formgestaltung als die Beschaffenheit des Untergrunds, auf dem sich die Gebilde erheben.

Aber der Wind macht nicht bloß seine Einflüsse auf die Ausgestaltung vulkanischer Lockerbildungen geltend, sondern er baut auch örtlich aus Staub, Sand und Steinchen, die er von der Erdoberfläche aufnimmt, nicht selten eigene Aufschüttungsgebilde von bestimmter gesetzmäßiger Form und innerer Struktur auf (Dünen der Wüsten und vieler Küstenstriche oder Flußufer). Häufiger freilich setzt der Wind die von ihm verfrachteten Sand- und Staubmassen über weite Flächen hin ziemlich gleichmäßig ab und schafft damit Decken, die bei geringer Mächtigkeit alle Unebenheiten des Untergrunds noch gemildert wiedergeben, bei größerer Dicke aber vielfach schon die kleineren Geländeunterschiede verdecken; in großen Depressionen der Erdoberfläche beherrschen sie oft weithin die ganze Landschaft, indem die äolischen Massen in ungeheurer Mächtigkeit auch große Höhendifferenzen der Unterlage ausgleichen und weiträumige, sanft eingetiefte Becken bilden.

Das spülende Wasser schafft am Fuß der Berge und Hänge mäßig steile, nach unten hin sanft ausklingende Halden, das fließende Wasser beim Zusammentreffen mit Ebenen oder Einmünden in große Flüsse, Seen, Ströme oder aber in die großen Muldenformen abflußloser Trockengebiete Schuttkegel und Deltas von sehr ungleichmäßigen Böschungswinkeln, aber charakteristischen und gesetzmäßigen Ausbreitungsformen. Die bei Überschwemmungen über das Flußbett hinausgetragenen Schutt-, Sand- oder Schlammassen dagegen führen bei häufiger Wiederholung des Vorganges zur Herausbildung oft weit ausgedehnter Flußebenen.

Das Meer, dessen gewaltige Tiefenabsätze uns hier nicht unmittelbar interessieren, schafft auch an den Küsten bedeutsame Absätze und Landmehrungen: von Strandwällen an bis zu ausgedehnten Sandhaken und Nehrungen, wozu ebenenhafte Schlickabsätze an Gezeitenküsten (Marschen) hinzutreten.

Recht unregelmäßig sind daneben die Aufschüttungsgebilde des fließenden Eises, vor allem die Stirn- und Randmoränenwälle, während Åsar und Drumlins schon wieder ein höheres Maß von regelmäßiger Wiederkehr gleichartiger Formen und Struktur zeigen, die Grundmoräne aber oft ausgedehnte Ebenen bildet. Immerhin sind die positiven glazialen Aufschüttungsformen oft ebenso charakteristisch für die betreffenden Landschaften wie die glazialen Ausräumungsformen; da aber, wo sie am meisten Ausbreitung erlangen, sind sie nur mehr die Zeugen ehemaliger

ausgedehnter Vergletscherungen, während in den Gebieten noch herrschender Vergletscherung der größere Teil der Aufschüttungs- wie Ausräumungsformen des Geländes unter dem Eise begraben zu sein pflegt.

Wo nur typische Formen der Verwitterung, der passiven Abtragung, der aktiven Erosion oder der Aufschüttung sich zeigen, da kann man oft schon ohne nähere Untersuchung der Gebilde feststellen, welche besonderen klimatischen und pflanzengeographischen Bedingungen in den betreffenden Gebieten herrschen oder auch ehedem geherrscht haben. Nur die marinen Gebilde halten sich nicht an die klimatische Grundeinteilung der ariden, humiden und nivalen Gebiete, wie sie Penck genannt hat, sondern greifen über alle hinweg, denn das Meer wird nur in den kältesten Gebieten zeitweise oder auch auf lange Zeiten hin vom Frost gebannt und an der Ausübung seiner normalen Küstenarbeit verhindert. An deren Stelle tritt dann zuweilen eine etwas anders geartete Küstenerosion, indem strandende oder aufgepreßte Eismassen die Uferfelsen abscheuern. Aber da sich jede Tätigkeit des Meeres auf die Küstenlinien beschränkt, so liegen alle Binnenflächen des festen Landes selbst durchaus innerhalb der drei Hauptabtragungsbezirke und ihrer Zwischen- bzw. Mischgebiete.

Angesichts dieser Tatsachen darf es uns nicht verwundern, daß der geologische Bau, also das Walten der inneren Kräfte, zwar die großen Erhebungen und Niveaudifferenzen der Erde geschaffen hat und damit die Grundlinien der landschaftlichen Erscheinung wie die Richtlinien für die von der Schwerkraft ganz unmittelbar und absolut abhängigen Abtragungsfaktoren gibt, daß aber trotzdem derselbe vielfach nur noch in den allgemeinsten Umrissen erkennbar bleibt und den Charakter des Landschaftsbildes mitbestimmt. Die Einzelformen der passiven Abtragung und der aktiven Erosion, zum Teil auch der Aufschüttung stehen zwar jeweils noch unter der Abhängigkeit des Gesteinscharakters, aber in der Hauptsache herrschen doch in den kleineren Strukturformen durchaus die klimatisch bedingten Einflüsse vor; sie verleihen dem landschaftlichen Großbilde zum großen Teil seine charakteristischen Züge. Dieselben kommen aber nur da wirklich rein und überzeugend zum Ausdruck, wo die Pflanzenwelt keine zu große Rolle spielt, während da, wo eine zusammenhängende und hochwüchsige Pflanzenwelt alles mit ihrem

grünen Schleier überzieht, nicht nur unmittelbar für das Auge des Beschauers die klare Erkenntnis der kleineren Formen erschwert oder ganz verschleiert sein kann, sondern mittelbar auch der Formengehalt der Landschaft ein etwas anderer geworden ist; denn die Pflanzendecke mit ihren Schutzwirkungen modifiziert zweifellos die Formen. Wenn z. B. die Gebiete trockenen Klimas oder bedeutender Frostwirkungen, also kurz die Gebiete stark überwiegender mechanischer Verwitterung, im allgemeinen weit häufiger schroffe, zackige, kantige Abtragungs- und Ausräumungsformen zeigen als die feuchtwarmen Gegenden mit vorherrschend chemischer Verwitterung, die gewöhnlich gerundete Formen aufweisen, so ist das eine Folge nicht bloß der besonderen Art der Verwitterung, sondern sicherlich in sehr vielen Fällen auch der Pflanzendecke, die mit ihrem biegsamen Wurzelfilz nach Möglichkeit alle Kanten ausgleicht. Wo aber z. B. in engräumigen Gebieten scharfkantige Grate und Gipfel dennoch tatsächlich vorkommen, da täuscht der Wald vielfach durch die Kronen der Laubbäume dem Auge doch eine Rundung vor. —

Unmittelbaren Einblick in den geologischen Bau gewähren nur die pflanzenleeren Gebiete, die Wüsten, während die vegetationsbedeckten Gegenden höchstens noch mittelbar durch Landterrassen und andere Abtragungsgroßformen, sowie durch den Formenhabitus der Landschaft denselben andeutungsweise erkennen, ahnen lassen.

Aber selbst die pflanzenleeren Wüsten verschließen nicht selten dem forschenden Blick die Einsicht in den inneren Bau auf weite Strecken: geologische Deckgebilde, die äolischen Aufschüttungen der Sandmeere und Dünen, beherrschen oft weithin die ganze Landschaft und geben höchstens da oder dort einmal durch die Farbe einzelner Dünen oder Dünenzüge eine Andeutung über den Wechsel des Gesteins im Untergrund.

Die Flächen, welche die geologischen Aufschüttungsgebilde einnehmen, sind sehr groß; zahlenmäßig werden sie sich nur schwer mit einiger Annäherung feststellen lassen; doch darf man annehmen, daß sie diejenigen Flächen um ein Vielfaches übertreffen, die den Einfluß des geologischen Baues auf das Landschaftsbild deutlich erkennen lassen; dazu gehören Berglandschaften, viele Küsten und Taleinschnitte oder aber Flächen, wo durch ehemalige äolische, glaziale, fluviatile oder marine Kräfte die früher

vorhandenen Aufschüttungsmassen wieder entfernt worden sind, wie oft in Hochwasserzonen von Flüssen, Seen und Meeren oder in Gebieten mit dürftiger Vegetation, ganz besonders aber in ehemaligen Glazialgebieten höherer Breiten (z. B. Skandinaviens oder der Barren Grounds Kanadas).

Angesichts dieser Tatsachen erkennt man leicht, daß (abgesehen von Wüsten und den — in pflanzengeographischer Hinsicht gleichfalls wüstenhaften — Hochgebirgen) ein intimerer Einblick in den geologischen Bau nur auf wenig ausgedehnten Flächen der festen Erdoberfläche möglich ist. Im allgemeinen deuten (abgesehen von vulkanischen Gebilden) meist nur Abtragungsgroßformen, also Ruinen primärer Strukturformen, denselben landschaftlich an, während geologische Aufschüttungen, d. i. geologische Deckgebilde, auf ungeheure Flächen hin unserem Auge jeden Einblick in den Bau des darunter liegenden Grundgerüstes verbieten. Aber noch weit größere Flächen desselben werden durch die hydrologischen Deckgebilde verdeckt; ja diese nehmen sogar bei weitem den größten Raum auf der Erdoberfläche ein und sind daher die beherrschendsten Landschaftsgebilde derselben überhaupt.

6. Die hydrologischen Deckgebilde: Wasser und Eis.

Wenn wir uns von den geologischen Landschaftselementen zu den hydrologischen wenden, so müssen wir allerdings zunächst hervorheben, daß das Wasser in seinem festen Aggregatzustand manchmal geradezu als ein geologisches Element zu betrachten ist, indem es in kalten Gegenden nicht selten mit anderen geologischen Schichten wechsellagert (z. B. Island, Nordsibirien, Sibirische Inseln, Antarktika); auch dürfen wir das gefrorene Wasser als kristallisierendes, natürliches anorganisches Gebilde den Mineralien zuzählen. Aber landschaftlich tritt im allgemeinen nicht jenes Eis hervor, das einen Anteil am Aufbau unserer äußeren Erdrinde nimmt, sondern meist nur das Eis, das oberflächlich lagert und lediglich ein Deckgebilde darstellt, wie Gletscher und Firnmassen aller Art. So weite Räume dieselben auch einnehmen, so treten sie doch sehr stark zurück neben den Deckgebilden des flüssigen Wassers, das auch, abgesehen von den Flüssen, Seen, Sümpfen des Festlandes, als landumgürtender Ozean weit größere

Flächen unserer Erdoberfläche bedeckt als alle oberflächlich anstehenden geologischen Formationen und geologischen Deckgebilde zusammen. Von großer Wichtigkeit für die landschaftliche Erscheinung und das landschaftliche Verhalten des Wassers ist es, daß in vielen Gegenden das Klima jederzeit oder wenigstens in der kälteren Jahreszeit um jene Temperaturen herum schwanken kann, bei denen sich der Übergang vom festen zum flüssigen Aggregatzustand für das reine und das salzige Wasser vollzieht oder umgekehrt; infolgedessen kann die Anwesenheit des Wassers in solchen Zonen und Gebieten, je nach der herrschenden Temperatur, von ganz verschiedenen landschaftlichen Wirkungen sein. Wenngleich diese Doppelerscheinung des Wassers in niedrigen Breiten nur in den hohen Gebirgserhebungen vorkommt, so tritt sie in mittleren Breiten doch zeitweise bereits in tieferen Höhenlagen bis zum Meeresspiegel herab auf, und in den polaren Gebieten überwiegt an vielen Stellen der feste Zustand des Wassers dauernd den flüssigen. Aber selbst noch in wärmeren Erdgegenden treten zuweilen Nachtfröste auf, die wenigstens Reif und dünne Eisdecken schaffen, oder aber es stellt sich, nicht selten sogar mitten in den Tropen, Hagel in solchen Mengen ein, daß er kleinere Flächen mit seinen weißen Massen so dick bedeckt, daß sie für kurze Zeit landschaftlich selbst auf größere Entfernung hin sich herausheben. Alle Landschaften aber, die das Wasser in fester und in flüssiger Form in größerer Ausdehnung zeigen können, oder die wenigstens zeitweise Reif oder Niederschläge in fester Form aufweisen, zeigen ein Doppelgesicht von tiefgreifendster Verschiedenheit und wandelbarem Stimmungsgehalt.

a) Das Wasser in fester Form.

In unseren Breiten sehen wir Wasser in fester Form am häufigsten als Schnee auftreten, d. h. als festen Niederschlag, dessen Einzelelemente, zierlich auskristallisierte, sechsstrahlige Täfelchen und Sternchen der verschiedensten Form, sich bei genauerer Betrachtung auf dunklem Hintergrund in all ihrem Reiz zeigen, die aber zu klein sind, als daß sie anders als in der Häufung landschaftlich hervortreten könnten. Meist fallen auch die Schneekriställchen bereits zu größeren oder kleineren Flocken vereinigt, und wenn bei ruhiger Atmosphäre längere Zeit der Schneefall anhält, so legt sich eine blendend weiße, gleichmäßige Decke über

die ganze Landschaft und verhüllt die Oberseiten aller Objekte, während an Bäumen, Gebäuden, sehr steilen oder selbst überhängenden Felsen u. dgl. freilich gewisse Stellen dem Schnee keinen Halt bieten und daher in ihrer natürlichen dunkleren Farbe erhalten sind. Je tiefer die Schneedecke wird und je ärmer die Landschaft an steil aufragenden bis überhängenden dunklen Objekten ist, desto souveräner beherrscht das gleichmäßige Weiß des Schnees das Gesichtsfeld. Unter Umständen hebt der Schnee einzelne Formen noch besonders heraus, so z. B. die Zweige der Tannen oder Föhren, bei ruhigem Wetter auch die kahlen Äste der Laubbäume, geringfügige Erhebungen an Felshängen u. dgl. und bringt dadurch reizvolle Abwechslung und weitgehende Formengliederung in das Bild, wie sie vor dem Schneefall dem prüfenden Auge in solcher Genauigkeit nicht erkennbar gewesen wäre; noch häufiger freilich verdeckt der Schnee zahlreiche Einzelformen, bei starkem Schneefall unter Umständen sogar so sehr, daß er die Unebenheiten des Untergrundes nur noch gemildert und schließlich auch wohl (bei nur geringen Einbauchungen und Erhebungen der Oberfläche) gar nicht mehr hervortreten läßt; so werden die Konturen der Landschaft weicher, und nur im Hochgebirge ragen dann wohl noch dunkle Felswände, Grate und Gipfel schroff und starr aus der weicheren weißen Umgebung heraus, die vielfach auf dem weißen Hintergrund tatsächlich vorhandene, aber überschneite Erhebungen für das Auge gar nicht mehr hervortreten läßt; im flacheren Gelände erscheint dann die Oberfläche schließlich oft fast eben, soweit nicht etwa der Wind sekundäre Strukturformen (Dünen, Schneewälle) aufwirft. Im Gebirge dagegen schafft er wohl am Rande von Steilabstürzen mehr oder weniger weit vorragende Schneewächten oder spannt über breite Gletscherspalten schön geschwungene Schneebrücken, die Formenmannigfaltigkeit der betreffenden Bilder damit aufs neue bereichernd. An manchen steilen vegetationslosen Felswänden der Hochgebirge hebt der auf den kleinsten Gesimsen vorragender Schichtflächen und den dürftigsten sonstigen Vorsprüngen sich festsetzende Schnee sogar die Gliederung und den geologischen Bau mancher Hochregionen besonders deutlich hervor, wie denn z. B. der Schichtenbau der Alpspitze oder des Daniel (Upsberg) von Garmisch aus sich im Winter wesentlich klarer enthüllt als im Sommer, wo der graue Fels nur bei besonders günstigen Beleuchtungen dem bewaffneten

Auge so vieles verrät, wie die Schneebedeckung jederzeit dem unbewaffneten.

Das eigenartige Bild einer frischen Schneelandschaft, das in den Tropen ausschließlich den höchsten Gebirgserhebungen vorbehalten bleibt, bei uns im Winter schon in der Tiefebene auftritt, in vielen Polarregionen wie in unseren Hochgebirgen aber zu jeder Jahreszeit sich einstellen kann, bietet dem Auge zwar nur einheitliche Farbeneindrücke und würde daher bei allzu langer Dauer oder — für den Wanderer — bei ständiger Wiederholung verhältnismäßig rasch ermüden, wenn nicht die zarten und wechselnden Schatten der lichtabgewandten Abdachungen und der doppelt kräftige Gegensatz dann und wann auftauchender dunkler Gegenstände immer wieder aufs neue Abwechslung böte. Dazu kommt in unserer Heimat häufig der Umstand, daß die bewußt oder unbewußt sich geltend machende Erinnerung an die so ganz anderen Farbenwirkungen derselben Landschaft zu anderen Jahreszeiten uns immer wieder aufs neue anregt. Von größeren aperen Flächen der Umgebung her weht der Wind ferner nicht selten dunklen Staub an, der an den windgeschützten Anhäufungsstellen oft an und für sich schon durch seine dunklere Färbung sichtbar wird, zuweilen aber auch durch die Schatten der kleinen Einschmelzungslöcher, die er (vermöge seiner stärkeren Erwärmung durch die Sonnenstrahlen) im Schnee erzeugt.

Es würde uns zu weit abführen, wenn wir hier in noch andere Einzelheiten eintreten wollten. Erwähnt sei aber noch, daß bei der Schneeschmelze an gewissen begünstigten Stellen einzelne Schneeflecken länger erhalten zu bleiben pflegen als anderwärts. Diese kleinen Flächen heben sich durch ihre weiße Farbe scharf von der dunkleren Umgebung ab und schaffen so höchst wirkungsvolle Farben-, zuweilen auch Formengegensätze; örtlich können sie aber auch immer noch zur stärkeren Verschleierung des geologischen Baues beitragen und an diesen Stellen eine Wirkung ausüben, welche die Schneedecke sonst für die ganze Gegend besitzt: sie verwehren dem Geologen und Naturfreund während ihrer Dauer den Anblick des Bodens oder anstehenden Gesteins.

Wenn in unseren Niederungen die Schneeflecken im Laufe des Frühjahrs, in unseren Mittelgebirgen im Laufe des Sommers wegschmelzen, so finden wir dagegen in unseren Hochgebirgen unterhalb der Schneegrenze — in der sogenannten Schneeflecken-

region — da und dort einzelne größere Schneeansammlungen, die niemals vollständig verschwinden, da orographische Verhältnisse sie gegenüber der Umgebung begünstigen. (Diese Schneeflecken findet man alljährlich an denselben Stellen wieder, solange die Umgebung sich nicht geändert hat; sie schaffen sich aber auch selbst allmählich eine gewisse Eintiefung in den Boden und damit noch günstigere Bedingungen für ihr Weiterbestehen, indem der durch teilweises Abschmelzen des Schnees im Sommer stark durchfeuchtete Untergrund ein rascheres Abrücken des Schuttes ermöglicht als in der Nachbarschaft.)

Oberhalb der sogenannten Schneelinie finden wir Schnee jahraus jahrein in zusammenhängenden Feldern, soweit die Beschaffenheit des Geländes dies gestattet; freilich wechseln Mächtigkeit und Beschaffenheit dieses ewigen Schnees ganz wesentlich. Der gefallene Schnee sintert zusammen, verändert langsam seine Struktur, wird weniger leicht schmelzbar, minder blendend weiß: er wird zum Firn.

Die ewigen Schnee- und Firnfelder bilden den besonderen Schmuck unserer Hochgebirge und erfreuen durch ihren intensiven Farbengegensatz gegenüber den grünen Matten und Wäldern der unteren Hänge, den braunen Schiefern, grauen Kalken, dunklen Graniten der Umgebung immer wieder aufs neue unser Auge. Sie tragen aber in den betreffenden Gebieten naturgemäß sehr viel zur Verschleierung des geologischen Baues bei.

Wenn wir übrigens von „ewigem“ Schnee reden, so müssen wir freilich einschränken, insofern der gefallene Schnee nicht ewig an der betreffenden Stelle liegen bleibt, sondern vielmehr nur daselbst ständig Schnee zu finden ist; es müßte ja die Schneelage immer mächtiger und mächtiger werden, wenn nicht die Natur dafür sorgte, daß eine Abtragung auch dieser Hochschneemassen eintritt. Dazu trägt einmal der Wind bei, der lockeren Schnee aufnimmt und im Laufe der Zeit große Massen in tiefere Regionen entführt; wie oft sehen wir nicht die weißen Schneefahnen, die bei starkem Wind in wechselnden Gestalten weithin horizontal von hervorragenden Gipfeln abstehen und uns Kunde von wildem Schneetreiben in jenen großen Höhen geben. Weit größere Massen aber führt die Schwerkraft zu Tal, oft begünstigt durch zufällige Erschütterungen der verschiedensten Art; bald sind es kleine Schneemengen, die in lockerem Zustand niederrieseln oder zu

kleinen Ballen sich häufend niederrollen und jene zahlreichen kleinen Schneerillen an steilen Schneehalden erzeugen, die bei günstiger schräger Beleuchtung durch ihre Schatten die Einförmigkeit der geneigten Fläche so reizvoll unterbrechen. Oft setzen sich aber auch gewaltige Schneemassen katastrophenartig als Lawinen in Bewegung, bald pulverig locker (Staublawinen), bald wasserdurchtränkt und dann bis auf den Grund der Schneelage hinabreichend (Grundlawinen), und fließen donnernd zu Tal — ein wundervoller Anblick aus sicherer Ferne! —, durch vorauseilenden Windschlag oder ihre eigene Masse alles niederwerfend, was sich ihnen in den Weg stellt, und dadurch in Wäldern auch später noch klar ihre Bahn verratend; die zur Ruhe gekommenen wild durcheinander geworfenen Schneemassen im Tal schmelzen meist nur langsam weg und stellen damit noch lange ein besonderes landschaftliches Gebilde dar. So groß aber auch die Schneemengen sind, die durch Lawinen entführt werden — sie werden weit in den Schatten gestellt durch die ungeheuren Massen, die in Form fließenden Gletschereises ganz langsam aber stetig nach abwärts gelangen. Die Gletscher bilden wieder einen besonderen eigenartigen Schmuck der Landschaft, der freilich erst dann vollständig zur Geltung kommt, wenn sie aper, schneefrei, sind. Aber auch dann erkennt man die prachtvolle grüne bis blaue Farbe des Eises nur in Kleinbildern (in Gletscherhöhlen, Spalten, Serracs u. dgl.), während im Großbild das Eis meist in weißer Farbengebung, nicht selten herrlich im Sonnenlicht glänzend, daliegt; das Fehlen der Schneebedeckung läßt dann die Spalten, Schmelzwasserrinnen, Ogiven (Schmutzbänder) und Moränen mit ihren vielseitigen Einzelerscheinungen deutlich hervortreten und erhöht so wesentlich die Mannigfaltigkeit des Anblicks. Von besonderem landschaftlichen Reiz aber ist es, wenn große Talgletscher bis in wohlbewachsenes, zuweilen selbst wohlbebautes Gebiet hinabreichen und das Eis neben blühenden Blumen starrt, wie man es nicht selten in den Alpen sehen kann!

Die fließenden Eisgebilde sind von den verschiedensten Dimensionen und demgemäß auch von der verschiedenartigsten Bedeutung für das Landschaftsbild: Kleine Hängegletscher, die oft völlig aufapern und dann wie gleißende Tropfen an steiler Bergwand kleben, ansehnliche Gletscherkappen, wie sie manchen tropischen Vulkan wirkungsvoll krönen, mächtige Talgletscher,

die in breitem Strom bald mit glatter Oberfläche, bald spaltenzerklüftet, mit mehr oder minder starken Moränenmassen bedeckt, herabsteigen, da und dort einen Seitengletscher aufnehmen und damit die Übereinstimmung mit Flußläufen offen bekunden, oder weit ausgebreitete Plateaugletscher mit zahlreichen Zungen, die nach verschiedenen Tälern hin abfließen, gewaltige Schildgletscher, wie sie auf Island zuweilen, riesenhaften weißen Schildkröten gleich, in der Landschaft liegen und das Gelände zum großen Teil schon verhüllen, oder aber Inlandeis, dessen Eismassen souverän das Landschaftsbild beherrschen und nur noch die höchsten Berge als Inseln (Nunataker) aus dem Eismeer emporragen läßt; in die Eisflächen, die im Innern des Inlandeises weithin völlig spaltenlos und scheinbar horizontal sich ausbreiten, haben sich oft mächtige Schmelzwasserflüsse tief eingegraben, Schmelzwasserseen von großer Ausdehnung füllen flache Mulden der Oberfläche; an den Rändern aber starren riesige Spalten, und gewaltige Steilabstürze bringen plötzlich schroffe Formen in die sonst so weichen, gerundeten Oberflächenbildungen dieser Eismeere.

Einen besonders großartigen landschaftlichen Anblick bieten große Talgletscher, Inlandeiszungen oder Schelfeismassen, die bis ans Meer heranreichen; ihre vorgeschobenen Ränder brechen häufig ab und stürzen unter gewaltigem Aufbranden des Wassers ins Meer hinab, um als Eisberge oder riesige Eistafeln von Winden und Strömungen entführt zu werden und Stücke einer Glaziallandschaft, freilich in oft sehr bizarren Abschmelzungsgestalten, unter Umständen bis tief in mittlere Breiten hinein zu tragen.

Wo immer Gletschereis den Boden deckt, da verhüllt es ihn und den geologischen Bau vollständig und läßt höchstens durch die Grundmoränen zusammenhanglose Andeutungen über die Beschaffenheit der unten anstehenden Gesteinsarten erkennen. Landschaftlich treten Gletschermassen mit ihrer charakteristischen Neigung zu konvexem oberen Abschluß — selbst bei Einlagerung in Geländevertiefungen — allenthalben sehr wirkungsvoll hervor; Form, Farbe und Glanz machen sie oft zu Mittelpunkten landschaftlicher Bilder, und ihre durch die Anordnung des Moränenmaterials oft sehr deutlich ausgesprochene Fließbewegung wirkt vielfach geradezu belebend in starrer toter Hochgebirgs- oder Polarnatur.

Auch das Eis, das unmittelbar durch Gefrieren tropfbar-flüssigen Wassers entsteht, ist landschaftlich oft sehr bedeutsam: die Eiszapfen, die an überhängenden Felswänden so häufig auftreten, bilden oft einen herrlichen Schmuck, und zu dem Großartigsten, was es in dieser Hinsicht gibt, gehören die wunderbaren und oft sehr kompliziert gebauten, ganze Bäume und Felsen überkrustenden Eisbildungen an großen Wasserfällen in Gegenden mit kalten Wintern (z. B. Niagara-Fälle). Fließende und stehende Gewässer überziehen sich bei großer Kälte mit mehr oder weniger mächtigen Eisdecken, die jede oberflächliche Bewegung des Wassers bannen und also an Stelle beweglicher Massen, die durch die Art ihrer Bewegung oft ein belebendes Element der Landschaft boten, starre Flächen setzen. Die Eisflächen großer ruhender Wasseransammlungen bilden für das Auge vollkommene Ebenen. Wo die Ufer flach sind, da kann bei Vorhandensein einer Schneedecke jede Grenze zwischen Wasser und Land verschwinden, und es erscheint nun als einförmige weiße Fläche, was im Sommer etwa als grüne Wiesenlandschaft mit einem darin ruhenden blauen See von abwechslungsreichen Ufern große landschaftliche Schönheit entwickelt hatte. Wenn aber im Frühjahr die wachsende Wärme bei großen Strömen die Fesseln des Eises sprengt, oder wenn im Meere kräftige Strömungen oder sturmbewegtes Wasser gegen das morsch gewordene Eis anprallen, dann brechen auch die weit ausgedehnten Eisdecken in Stücke, und die Schollen werden aufeinander gepreßt, geschoben und gebogen, so daß oft außerordentlich wilde, unruhige Oberflächengebilde entstehen. Beim Auftauen treiben hernach in Flüssen, Seen und Meeren Eisschollen der verschiedensten Formen und Größen oft in enormer Zahl dahin und schaffen so auf der sonst einförmigen Wasserfläche für eine gewisse Zeit ein höchst abwechslungsreiches Bild.

b) Das Wasser in tropfbar-flüssiger Form.

Wenn das Gletscher-, Meer- und See-Eis schon jederzeit gewaltige Flächen der Erde bedeckt, so ist die Fläche, die das Wasser in seiner tropfbar-flüssigen Form einnimmt, doch noch mehr als zehnmal so groß, sei es nun, daß es in Bächen, Flüssen und Strömen abwärts fließe oder in den Sümpfen und Seen des festen Landes ruhe oder als Meer die großen Vertiefungen der Erdoberfläche ausfülle. Da das Wasser über zwei Drittel der gesammten Erd-

oberfläche bedeckt, so ist es das räumlich bedeutsamste Gebilde derselben; es bestimmt dementsprechend auch auf dem größeren Teile der Erde den Charakter der Landschaft, d. i. auf den Meeren und den großen Landseen, die im größten Teile ihrer Ausdehnung dem menschlichen Auge nicht mehr den Anblick festen Landes gewähren, bei denen also Himmel und Wasser die einzigen wesentlichen Landschaftselemente sind. Es verhüllt uns so das Wasser für den größeren Teil der Erdoberfläche fast jeglichen unmittelbaren Einblick in den geologischen Bau der Erdkruste und läßt uns in den meisten Fällen nur Raum für vage Vermutungen. Auch an den Küsten und bei den Inseln der großen Seen und Meere ist das wässerige Element meist noch das vorherrschende, oft auch das die Stimmung beherrschende Gebilde der Landschaft, während die meisten Gewässer des festen Landes räumlich zurücktreten, wenn sie auch oft wegen ihrer Formen und Farben, wegen ihrer Bewegung und nicht zum wenigsten auch wegen ihrer Geräusche, des Rauschens und Brausens, unsere Aufmerksamkeit in hervorragendem Maße auf sich ziehen, ja geradezu als die belebenden Elemente der Landschaft erscheinen. Das gilt in vielen Fällen ebensowohl von ruhig fließenden Bächen und Flüssen, deren frei geschwungenen formschönen Windungen das Auge mit hoher Befriedigung folgt, wie von kühn niederrauschenden Stromschnellen und Wasserfällen, die meist nur kleine Flächen im Landschaftsbild einnehmen und doch den Blick des Beschauers immer wieder auf sich lenken; das gilt aber auch von ruhenden Wasserflächen, von Teichen und Seen, die durch ihre Farben und Formen wie durch ihren Stimmungsgehalt oft einen ganz besonderen Schmuck der Landschaft bilden. Bei tiefen Seen übt auch, wie beim Meere, die Tiefe landschaftlich oft bedeutende Wirkungen aus, denn bei ihnen gewinnt von benachbarten Bergen aus bei gutem Wetter und Sonnenschein das Bild ungemein an Farbenwirkung dadurch, daß das Blau des Wassers mit zunehmender Höhe des Augenpunktes auch an Tiefe zunimmt und so die Möglichkeit der mannigfachsten Farbnuancen durch lichteres Blau zu den grünen Tönen der seichten Ufersäume gewährt, von denen das Lauchgrün der Binsenregion zu dem Grün der Wiesen oder Wälder oder auch zum Weiß eines Sandstrandes wirkungsvoll hinüberleitet. Seichte Seen und Moore entbehren solcher Farbenwirkungen von hohem Standort aus; soweit nicht etwa die untergehende Sonne ihrem

Spiegel besondere Effekte verleiht, erscheinen ihre Farben meist stumpf in der Umgebung; und doch kann ein Sumpf, ein Moor mit seinen schwermütig dunklen Wassertönen, den träumenden Seerosen und Wollgräsern, den weißen Birkenstämmen oder dem düsteren Latschenkrummholz im Kleinbild einen Stimmungsreiz ausüben, der in seiner Weise wieder höchste Bewertung verdient!

Wenngleich das Wasser an sich bei geringer Tiefe farblos ist, erscheint es doch bei größerer Tiefe mit einer bestimmten, oft sehr charakteristischen Eigenfarbe. Mag dieselbe auch in vielen Fällen lediglich eine Folge der jeweiligen Beleuchtung, der Himmelsbedeckung, der Umgebung sein, so ist sie doch oft auch in der Beschaffenheit des Wassers oder in Verunreinigungen desselben begründet. Die gelben, braunen, schwärzlichen bis olivgrünen Farben seichter Süß- oder Brackwasserseen sind meist von anorganischen oder organischen Beimengungen verursacht, während manche merkwürdige Mißfärbungen des Ozeans sowie das herrliche Meerleuchten durch große Mengen bestimmter Organismen hervorgebracht werden. Auffällig ist das Vorwalten blauer Nuancen im klaren Wasser bei Tropenmeeren gegenüber grünen in den Meeren der höheren Breiten; in beiden Fällen aber entstehen bei schwerer See neben großartigen wechselnden Formgestaltungen die entzückendsten Farbenspiele von tiefer Grundfarbe durch lichtere Töne hinüber zum weißen Schaum und Gischt der Wellenkämme in stetem Wechsel, so daß ein solcher Anblick auch ohne die Staffage des von Wellenberg zu Wellental stürzenden Kahns oder des schwer stampfenden und rollenden Dampfers ein Bild gibt, das trotz des verhältnismäßig engen Rahmens des großen, des erhabenen Grundzuges nicht entbehrt.

Den vollen Reiz landschaftlicher Bildwirkung erreicht das Meer aber da, wo es ans feste Land stößt, an den Küsten. Hier entsteht durch deren verschiedenartige Gestaltung in vertikaler wie horizontaler Hinsicht, durch Einstreuung von Inseln und Klippen ins nasse Element, durch menschliche Siedelungen der verschiedensten Art, durch Schiffe, Boien, Leuchttürme usw. eine ganz ungewöhnliche Mannigfaltigkeit von landschaftlichen Formen und Farben, und selbst eintöniger Sandstrand gewinnt durch das lebensvolle Spiel des Meeres und der Brandung bei Ruhe und Sturm, durch die Arbeit des Windes im Sande, durch wechselnde Beleuchtungen oft hohen Reiz; aber diese einförmigen Flachküsten

stehen doch im allgemeinen buchtenreichen Steilküsten an landschaftlicher Schönheit stark nach, wenngleich der Schwung der Linie bei mancher leichten Einbuchtung zuweilen von entzückender Schönheit ist.

Steilküsten gewähren vermöge nackter Felswände häufig bereits einen unmittelbaren Einblick in den geologischen Bau des Gebietes, und an seichten Uferstellen läßt sich nicht selten sogar unter Wasser die Art der Gesteine und ihrer Lagerungsverhältnisse erkennen. An den meisten Flachküsten ist dagegen das Anstehende durch Deckgebilde völlig verdeckt.

Die Mannigfaltigkeit der Eindrücke von Küstenlandschaften wird noch gesteigert in solchen Gebieten, wo nicht nur durch Windstoß und sonstige ungewöhnliche Erhöhungen des Meeresspiegels vorübergehend einmal Überflutungen (bzw. bei gegenteiligen Einflüssen ein Zurückziehen) des Meeres stattfinden, sondern wo in regelmäßigen Zwischenräumen bedeutende Verschiebungen des Wasserspiegels, also auch ein regelmäßiges Vordringen und Zurückweichen des Meeres statthat. Es sind das die schon oben erwähnten Gezeiten, der Wechsel von Ebbe und Flut, also Einrichtungen der Natur, in denen Mond und Sonne bedeutsame landschaftliche Einflüsse auf unsere Erdoberfläche ausüben.

Sind schon diese regelmäßigen, je nach der Stellung von Mond, Sonne und Planeten in wechselnder Stärke auftretenden Meeresspiegelschwankungen, die auch von Ort zu Ort wieder die größten Unterschiede aufweisen, von großem Einfluß auf die landschaftliche Erscheinung weiter Küstengebiete, so werden sie doch noch an Bedeutung außerordentlich übertroffen von den langsam wirkenden, sehr langdauernden, aber freilich zuweilen von Ruhepausen unterbrochenen säkularen Niveauveränderungen[1]) (Hebungen und Senkungen) des festen Landes, die in ihrem endlichen Erfolg die landschaftliche Gestaltung vieler Küsten hervorgerufen haben. Bei Hebung wird die Küstengestaltung meist einfacher, insofern gewöhnlich einförmige Aufschüttungsböden des Meeres oder aber unzerschnittener Felsboden zutage tritt; nur das Binnenland wird in solchen Fällen häufig durch alte Strandlinien oder Strandterrassen reicher gestaltet; aber bei Senkung entstehen zumeist reich gegliederte und damit auch landschaftlich

[1]) Vgl. oben, S. 49 ff.

abwechslungsreiche Küsten: bald dringt das Meer in die verzweigten Täler eines Flachlandes ein und schafft Fjorde, Limane, Trichterbuchten, bald erfüllt es den Grund von Tälern gebirgiger Querküsten, Rias oder Fjorde erzeugend, bald greift es in die Täler einer Längsküste hinein (Kanalküste) oder überschwemmt eine mit Rundhöckern übersäte Glaziallandschaft, Schärgärten schaffend, wie sie uns vor Skandinaviens Gestaden oft so reizvoll gegenübertreten. Es werden durch Senkungen des Landes nicht unbeträchtliche Landstrecken mit Wasser überdeckt und damit deren geologischer Bau verhüllt, aber zugleich werden landschaftlich höchst wirksame Naturbilder geschaffen, deren Formen vielfach noch den Entstehungsvorgang deutlich erkennen lassen.

7. Das Hüllgebilde der Erde: die Atmosphäre.

Die Atmosphäre oder Erdenluft ist ein Gasgemisch, dessen Bestandteile in verschiedenen Höhen in sehr verschiedener Menge vorhanden sind. In den untersten Regionen, nahe der Erdoberfläche, besteht sie in der Hauptsache aus Stickstoff und Sauerstoff, denen Argon, etwas Kohlensäure, Wasserstoffgas und in kleinsten Mengen noch andere Gase beigemischt sind; dazu kommt Wasserdampf in wechselnden Mengen, sowie eine in normalen Verhältnissen an sich geringfügige Trübung durch Staub (geologische Trübung) und mancherlei andere Verunreinigungen, wie Gase oder Mikroorganismen, oft auch Wassertröpfchen (hydrologische Trübung).

Mit wachsender Höhe wird die Zusammensetzung der Luft allmählich anders; zunächst nehmen Trübung sowie Sauerstoff- und Wasserdampfgehalt der Luft ziemlich rasch ab, und von rund 10 bis gegen 80 km Höhe wiegt das Stickstoffgas stark vor, während der in den unteren Regionen geringfügige Wasserstoffgehalt zunimmt. Von rund 80 bis über 200 km ist der Wasserstoff das vorherrschende Gas, neben dem sich Geocoronium einen mit der Höhe immer mehr zunehmenden Anteil sichert, bis es oberhalb 200 km das Übergewicht gewinnt. Neben dieser stofflichen Schichtung der Atmosphäre geht eine Dichteschichtung her: die überlagernde Luft drückt die untere zusammen, die so dichter wird. Die Dichte nimmt von der Erdoberfläche aus nach oben erst rasch, dann langsamer ab, bis sie schließlich in der Übergangszone von der Erden- zur Himmelsluft nur noch ganz außerordentlich gering ist.

Auch hinsichtlich der Wärmeverhältnisse besteht eine deutliche Schichtung: der durch die Sonnenstrahlen erwärmte Erdboden macht seine heizende Wirkung unmittelbar und durch aufsteigende Luftströmungen nur in der unteren Stufe der Atmosphäre, der Troposphäre, geltend, und die stärkere Absorption der Wärmestrahlen durch die dichtere Luft der unteren Regionen wirkt in gleicher Richtung; in der Troposphäre nimmt die Temperatur im allgemeinen — trotz häufiger, oft schichtweiser Unregelmäßigkeiten — von unten nach oben hin ab, während in den höheren Luftschichten, der Stratosphäre, ständig sehr niedrige Temperaturen herrschen. Auf die Troposphäre sind Wind und Wolken, Niederschläge, Nebel und andere Witterungserscheinungen beschränkt, weshalb sie A. Heim geradezu als Wettersphäre bezeichnet. Sie reicht im allgemeinen — denn ihre Höhe wechselt mit den Druckverhältnissen und Jahreszeiten — in den Polargebieten nur bis etwa 7 km Höhe, während sie in den Tropen bis über 15 km ansteigt. Sie ist die Stufe größter Dichte und intensiver Veränderlichkeit der physischen Zustände; sie umschließt vollständig die Zone des irdischen Lebens, wie auch die höchsten Erhebungen der Erdoberfläche; in ihr liegen die Hauptobjekte irdischer Landschaften, ihre Eigenschaften und Zustände sind also für deren Erscheinung von ausschlaggebender Bedeutung. Viel geringere Wichtigkeit für das Landschaftsbild haben dagegen die oberen Luftregionen; immerhin treten aber auch sie noch landschaftlich in die Erscheinung: in ihnen spielen sich die herrlichen Schauspiele der Polarlichter ab, elektrische Entladungen in verschiedenen, aber sehr bedeutenden Höhen (zum Teil selbst noch in der Geocoronium-Atmosphäre), die in wandelbaren Formen, insbesondere als farbige Bänder von rasch wechselnder Lichtstärke und Form in freier Atmosphäre, oder als leuchtende Bogen um ein dunkles Kreissegment am Horizont auftreten. In großen Höhen leuchten auch die Sternschnuppen auf, die unsere Nachtlandschaft oft so reizvoll beleben: kleine Himmelskörperchen, die durch Reibung in der Atmosphäre zum Glühen kommen. Selbst unmittelbar können sich die äußersten Luftmassen nach F. Schmid[1]) noch landschaftlich zum Ausdruck bringen: sie, die durch sehr starke Rotationsabplattung Linsenform angenommen haben, werden

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik IX, S. 111ff. u. XI, S. 112ff.

in mondlosen Nächten als das lichtschwache, aber majestätisch wirkende Zodiakallicht (Tierkreislicht) in Form eines hochragenden Lichtkegels durch Sonnenbeleuchtung sichtbar als Nachfolger der Abend- und Vorläufer der Morgendämmerung, indes das Mondlicht bei geeigneter Konstellation sein eigenes Zodialkallicht („Gegenschein") schaffen kann.

Wenn so selbst Teile der Geocoronium-Atmosphäre unserem Auge noch sichtbar werden, so kann nach gewaltigen explosiven Vulkanausbrüchen der bis an die obere Grenze der Stickstoffatmosphäre aufsteigende und lange Zeit in Schwebe verbleibende Feinstaub die Erscheinung silberglänzender, cirrusähnlicher, „leuchtender Nachtwolken" erzeugen, indes die vulkanische Trübung außerdem nicht nur alle Dämmerungsphänomene viel intensiver und farbenprächtiger gestaltet, sondern auch einen kupferroten breiten Hof um die Sonne schafft (Bishopscher Ring).

Die Beleuchtung der Stickstoffsphäre macht sich (bis etwa $17\frac{1}{2}^0$ Sonnenstand unterm Horizont) als astronomische Dämmerung geltend, während die der Troposphäre (bis -8^0 Sonnenstand) die bürgerliche Dämmerung ausmacht.

In der Wettersphäre müssen schon wegen der größeren Dichte der Luft alle Eigenschaften derselben in gesteigertem Maße wirksam werden; sie sind naturgemäß auch für das Zustandekommen der optischen Wirkungen des irdischen Landschaftsbildes von grundlegender Bedeutung.

So gut wir submarine Landschaftsbilder besitzen, können wir auch — bei Verdeckung der Erdoberfläche durch Wolken-, Nebel- oder Dunstschleier — wahre Luftlandschaften in freier Atmosphäre (etwa vom Ballon aus) genießen und in ihnen durch die Formen und Farben von Wolken, durch die Beleuchtungswirkungen der unter- oder aufgehenden Sonne oder durch kosmische Landschaftselemente ästhetisch tief befriedigende Eindrücke gewinnen; aber die Landschaft hat nicht nur wegen der Art ihrer Objekte und deren Gruppierung für uns viel Fremdartiges, sondern auch wegen der Schatten und Farben, die wir an gewohnten Gegenständen feststellen müssen: Die Beleuchtung ist blendend, grell und kalt; bei 6000 m Höhe sind, wie A. Heim hervorhebt, die Schatten im Ballonkorb „wie schwarze Nacht, man kann nichts mehr sehen, man muß tastend fühlen", der Himmelsraum ist schwarz, und wo unser Blick nach der unverhüllten Erde

hinunterblicken kann, da erscheint sie uns blaugrau, da die unter uns befindliche, von der Sonne beleuchtete Luftmasse wie ein blauer Schleier wirkt. Hier in großer Höhe nähern sich die Beleuchtungsverhältnisse bereits einigermaßen denen des Mondes, wo der Übergang von Tag und Nacht, von Licht und Schatten ganz unvermittelt ist. Wie so anders ist's in den tiefen Regionen der Wettersphäre, an der Erdoberfläche, wo die größere Dichte der Luft sich in vielfacher Hinsicht kräftig zum Ausdruck bringt: Wohl erscheint reine, ungetrübte Luft in kleinerer Menge und auf geringere Entfernung hin auch hier als völlig durchsichtig und farblos, aber auf größere Entfernungen hin erweist sie sich doch als nicht ganz durchsichtig, vielmehr wird ein Teil der Sonnenstrahlen diffus reflektiert und schafft so die allgemeine Tageshelle, die sich auch an beschatteten Stellen und bei völliger Abblendung der Sonne durch Wolkenbänke zum Ausdruck bringt — zum Segen für alles Leben —, und zwar um so stärker, je dichter die Luft ist und je weiter der Weg der Sonnenstrahlen durch sie hindurch geht. Zudem aber ist die Luft nicht absolut farblos, sondern wirkt im auffallenden Licht wie ein blauer Schleier. Ob diese Tatsache durch Reflexion der Luftmoleküle selbst verursacht wird, wie Rayleigh und Heim annehmen, oder durch Reflexion an gleichförmig kleinen Fremdkörperchen (Staub oder Wassertröpfchen), ist für uns hier gleichgültig; wichtig aber sind für uns die landschaftlichen Wirkungen dieser Tatsache: sie verursachen für unser Auge die blaue Farbe des Himmels und entfernter, dunkel bewaldeter oder beschatteter Berge; da die blaue Tönung bei wachsender Distanz heller wird, gibt sie uns nicht nur die Möglichkeit, die Entfernungen einigermaßen abzuschätzen, sondern schafft auch durch die zarten Nuancen ungemein reizvolle Farbwirkungen im Landschaftsbild, um so mehr, als der blaue Luftschleier mit zunehmender Distanz die gelben und rotgelben Komponenten aus den Mischfarben auslöscht. Im durchfallenden Licht erscheinen uns helleuchtende Körper, so die Gestirne, unter günstigen Bedingungen aber auch Schneeberge oder weiße Wolken, gelblich bis rötlichgelb, weil die Atmosphäre gelbrotes Licht, d. i. langwellige Strahlen, vollständiger durchläßt als kurzwellige; da ferner Blau und Orange sich nicht ganz zu Weiß ergänzen, so entsteht sehr häufig im Bilde ein Stich ins Violette: „wo durch-

gefallenes und reflektiertes Licht sich mischen, erscheint violette Tönung" sagt A. Heim in seinem glänzend geschriebenen und hervorragend illustrierten Werkchen „Luftfarben" (Zürich 1912), dem ich hier hauptsächlich folge; sein eingehendes Studium sei aufs dringendste empfohlen.

Stellen einer Landschaft, die von der Sonne direkt bestrahlt werden, empfangen mehr durchfallendes als zerstreutes Licht und erlangen dadurch eine gelbliche bis gelbrote Komponente, und zwar um so mehr, je weiter der Weg der belichtenden Strahlen durch dichte Luft ging. Im diffusen Licht sind die Schatten bläulich, im weiß reflektierten Licht, das durch Wolken oder Nebel durchgegangen ist, dagegen grau; dabei sind unter bedecktem Himmel die Schatten immer verschwommen, weil die ganze Himmelsfläche als Lichtquelle wirkt.

Lückenhafte Wolkenschichten oder ferne Gegenstände am Horizont erzeugen in der immer wie ein trübes Medium wirkenden Luft oft dunklere und hellere, scheinbar radial zur Sonne durch die Luft gehende Streifen (Strahlenbündel), die bei tiefem Sonnenstande unter Umständen perspektivisch konvergierend sich bis an die Gegenseite des Horizontes fortsetzen können. Durch den Gegensatz der geraden Linien zu den viel gebrochenen und gekrümmten der umgebenden Landschaft wirken sie ebenso wie durch ihre Lichtdifferenzen sehr malerisch. (Ähnliche ästhetische Wirkungen erzeugen aber auch die langen geradlinigen Schatten hoher Berggestalten, die sich bei Lufttrübe und bestimmtem Sonnenstand manchmal von fernerem Berghintergrund abheben.)

Bei tiefem Sonnenstand müssen die Sonnenstrahlen einen sehr viel längeren Weg durch dichte Luftschichten machen als bei hohem (bei Horizontstand 35mal länger als bei Zenitstand!); infolgedessen sind die Wirkungen der Luft auf die Farben der Landschaft dann auch am stärksten, Morgen- und Abendrot regelmäßige Dämmerungserscheinungen. In unübertrefflicher anschaulicher Weise hat A. Heim in seiner erwähnten Schrift (S. 50 bis 78) die Dämmerungserscheinungen in Wort und Bild zur Darstellung gebracht. Er zeigt, wie die untergehende Sonne durch direkte Bestrahlung der östlichen Berge (oder auch anderer Gegenstände bzw. des Himmels im Osten) das Alpenglühen erzeugt, dessen rotgelbe Farbtöne über karminrote und violette Höhenzonen zu dem langsam mit der ganzen Erscheinung in die Höhe steigenden

„dunklen Segment“ (dem Erdschatten) überleitet. Weit intensiver sind aber im Westen Beleuchtung und Farbenspiel; die Berge erscheinen hier dunkelviolett bis schwarz[1]), ihre Umrisse sind ganz scharf, der Himmel darüber in schmalen Streifen trüb orange, darüber gelb, grün, graublau; am Horizont entlang wird er immer stärker feuerrot, und um die Sonne, sowie über ihr, entsteht ein gelblichweißer Fleck, der auch noch sichtbar bleibt (erster Dämmerungsschein), wenn die Sonne als hellrot glühende, blendende, oft auch als dunkelrote, strahlenlose Kugel untergegangen ist. Schon vorher hebt sich von der Umgebung in etwa 12 bis 25° Höhe senkrecht über der Sonne ein kreisrunder „klarer Fleck“ ab, der manchmal, wenn die Sonne 3 bis 4° unterm Horizont steht, zum Purpurfleck wird und durch seinen Widerschein im Osten das zarte Nachglühen („zweites Alpenglühen“) erzeugen kann. Der Purpurfleck wandelt sich bei weiterem Sinken des Sonnenstandes in eine Kreisfläche, die das Segment des Dämmerungsscheins berührt; schließlich kann er sogar fast zu einem breiten konzentrischen Bogen um den Dämmerungsschein werden. Bei einem Sonnenstande von 4 bis 5° unterm Horizont ist das Purpurlicht am stärksten, bei — 6° (also nahe dem Ende der „bürgerlichen Dämmerung“) tritt eine Schwächung ein, bei — 7 bis — 9° ein zweites blasses Aufleuchten, selten bei — 10° ein drittes; bei — 11° aber erlischt die Erscheinung völlig. —

Die Farbphänomene des Abend- und Morgenrotes werden durch hohen Staubgehalt der Luft (geologische Trübung) wesentlich verstärkt, weshalb auch — abgesehen von vulkanischen Ausbrüchen — Trockengebiete (Steppen und Wüsten) durch besondere Pracht der Dämmerungserscheinungen ausgezeichnet sind.

Aber auch andere Fremdkörper in der Luft erzeugen optische Erscheinungen von großer landschaftlicher Wirkung: Eisnadelwolken, deren Elemente bei langsamem Sinken sich senkrecht einstellen, schaffen uns den Anblick von Mondhöfen, von Nebensonnen, von silberweißen oder farbigen Ringen um die Sonne. Regentropfen oder Wasserfallstaub erzeugen durch farbige Brechung

[1]) Bei starker Lufttrübung greift aber auch zuweilen diffuses farbiges Licht über den Rand der Konturen hinweg und erweckt dann den Anschein einer mehr oder weniger starken, nach der Entfernung vom westlichen Horizont abgestuften Transparenz der betreffenden Berge — ein herrlicher Anblick!

der weißen Sonnenstrahlen, Spiegelung und Beugung den Regenbogen: subjektive Farbbogen von wechselnder Weite und bekannter, großer malerischer Wirkung, oft begleitet von einem äußeren schwächeren Farbenring mit umgekehrter Farbenanordnung oder von Wiederholungen einzelner Farben. Wo unser Schatten auf eine Nebelwand fällt, da entsteht das Nebelbild oder Brockengespenst, dessen überraschendes Erscheinen mit seinem Regenbogenring um den Augenpunkt für den einsamen Gratwanderer von größter landschaftlicher Wirkung ist; im stillen Tautropfen aber bricht sich der Strahl der Morgensonne in farbiger Pracht und schafft so im Kleinbilde reizvolle erhebende Abwechslung.

Ungewöhnliche Schichtungen verschieden warmer, verschieden dichter oder verschieden feuchter Luftmassen erzeugen über See- oder Eisflächen, über heißen Wüsten und Steppen nicht selten landschaftlich sehr wirkungsvolle Luftspiegelungen; sie erwecken den Anschein, als ob entfernte Gegenstände im Wasser stünden und als ob sich ihr oberer Teil in der Flut spiegelte. Zuweilen heben kräftige Luftspiegelungen (Fata morgana) auch ferne, durch Bodenerhebungen verdeckte Gegenstände über die normale Sichtbarkeitslage empor oder zeigen sie sogar verdoppelt, vermehrfacht, unter Umständen aber auch verkehrt; es können selbst ganz phantastische Bilder entstehen, die trotz ihrer Unwirklichkeit doch landschaftlich ungemein wirkungsvoll sind. Eigenartig berühren den Beobachter auch vielfach Verzerrungen von Gegenständen am Horizont infolge ungleichmäßiger Beschaffenheit, oft auch Bewegung der dortigen Luftmassen und deren Rückwirkungen auf die Lichtstrahlen: wie sonderbar wirkt auf uns die untergehende Sonne, wenn sie stark vergrößert oder zur breiten abgeplatteten Scheibe verzerrt oder gar in mehrere schmale Streifen aufgelöst erscheint, wie merkwürdig bekannte Bergkonturen, die aus ähnlichen Ursachen nun unnatürlich steil vor uns aufragen oder selbst durch senkrechte Absätze in einzelne Stufen für unser Auge zerlegt sind, und ähnliches.

Bei der Gleichartigkeit der Luft in allen Zonen der Erde begreift es sich, daß die optischen Eigenschaften und Erscheinungen überall auf Erden gleich sind. Wir finden Alpenglühen in Neuseeland oder Südamerika ebensogut wie in unseren Alpen oder den Kordilleren: aber die klimatischen Unterschiede der ver-

schiedenen Erdgebiete schaffen doch unter normalen Umständen nicht unbeträchtliche Verschiedenheiten im Grad und in der Art der vorherrschenden Trübung und dadurch auch bedeutende Verschiedenheiten im gewöhnlichen Charakter der Beleuchtungserscheinungen. Daher sind in Trockengebieten farbenprächtige Dämmerungserscheinungen besonders häufig, in feuchtwarmen Gebieten treten Regenbögen, farbige Höfe und Nebelbilder sehr oft auf, in kalten Gebieten Nebensonnen, Ringe, Mondhöfe u. dgl. m.; andererseits aber wirken auch andere als klimatische Ursachen auf regionale Unterschiede in der Häufigkeit und Intensität der optischen Phänomene ein; so stören Dunst, Ruß und Rauch unserer Industriegebiete — man könnte sie „Kulturtrübung“ nennen — das Auftreten der schönen und ausgebildeten Dämmerungserscheinungen, während sie andererseits die elektrischen Phänomene des Blitzes oder die Häufigkeit und Dichte des Nebels und damit stark herabgeminderter Tageshelle begünstigen; tellurische Ursachen aber bewirken, daß die herrlichen Polarlichter in den Breiten nahe dem Polarkreis besonders häufig und glänzend auftreten. —

Von großer landschaftlicher Bedeutung sind die chemischen Wirkungen einzelner Luftbestandteile, vor allem indirekt: so ermöglicht der Sauerstoff der Luft durch Oxydationsvorgänge erst das animalische Leben, wie auch viele Verwitterungs- und Verbrennungsprozesse, und durch letztere wirkt er oft unmittelbar und höchst bedeutsam auf das Landschaftsbild ein. Die Kohlensäure der Luft aber ist die Vorbedingung alles höheren pflanzlichen Lebens und damit des Grüns der Vegetation, das so viele Landschaften geradezu beherrscht.

Von allergrößter Wichtigkeit ist die Änderung des Aggregatzustandes eines nur beiläufigen Luftbestandteiles: des Wasserdampfes. Schon die leichte Trübung der Luft durch die beginnende teilweise Kondensation desselben hat landschaftlich wichtige Folgen; denn sie schafft offenbar — neben geologischer Lufttrübung — die zahllosen feinen Nuancen der Himmelsbläue verschiedener Zonen und Gebiete: Der Bewohner des westlichen Norddeutschland wundert sich nicht selten schon über das tiefere Blau des süddeutschen Himmels; und wie so anders wird noch der Eindruck, wenn er weiter wandert ins Mittelmeergebiet, in afrikanische oder westasiatische Wüstenregionen mit ihrem tiefdunklen Himmelsblau, während das Firmament in den regen-

feuchten Tropen wieder eine mehr grünliche, minder intensiv blaue Färbung aufweist, wenn man es gerade wirklich einmal frei von Wolken erblickt. Aber auch in den feuchten Tropen beobachtet man zuweilen tiefblauen Himmel: wenn nämlich trockener Wind aus benachbarten Savannen- oder Wüstengebieten herüberweht.

Intensiver noch beeinflußt der Wasserdampf der Luft nach vollendeter Kondensation unmittelbar das Landschaftsbild: Aufsteigende Nebelstreifen über fernen Wiesen oder hinter einzelnen Bergkulissen, wallende Nebelballen in größerer Nähe oder aber Nebel ringsum mit der ganzen Skala der verschiedenen Intensitäten und Stimmungen, manchmal bis zu tiefer Dämmerung oder fast völliger Dunkelheit gesteigert. Noch weit häufiger treten aber Wolken im Landschaftsbilde auf: in der Luft segelnde Nebelgebilde verschiedenster Form und Farbe, die durch ihre Gruppierung wie durch ihre Bewegung das Bild ungemein beleben können, ja in Gegenden, wo die Gestaltung und Farbe der Erdoberfläche sehr einheitlich, abwechslungsarm ist, oft die Hauptaufmerksamkeit des Beobachters auf sich lenken können.

Obgleich die Kondensationsvorgänge überall bei sonst gleichen Bedingungen gleichartig vor sich gehen, so sind doch aus klimatischen Ursachen gewisse Gegenden oder Zeiten durch starkes Überwiegen bestimmter Wolkenformen ausgezeichnet, wie denn z. B. für die regenreiche Insel Island ebenso wie für die Urwaldregionen der atlantischen Abdachung Mittelamerikas während der Winterregenzeit ungemein häufiges Auftreten niedrig hängender Schichtwolken charakteristisch ist, indes in letztgenannten Gebieten aber in der Sommerregenzeit vorwiegend Haufen- und Gewitterwolken auftreten. Wie mannigfach sind aber die Wechsel des Landschaftsbildes, wenn Wolken verschiedener Gestalt in verschiedenen Richtungen und Regionen dahinziehen, wie wechselvoll sind die Wolkenformen, wie sie im Kampf verschiedener Winde an hohen Bergen sich entwickeln[1]), oder wie eindrucksvoll ist es, wenn man etwa von den Höhen des südlichen Palma aus die schweren weißen Passatwolken wasserfallartig jählings über die hohen Steilwände der Rancones stürzen sieht, worauf sie sich in der trockenen Luft der Leeseite restlos auflösen!

[1]) Vgl. z. B. die Schilderungen J. Elberts vom Rindjani.

Neue Eindrücke schafft der Regen mit all seinen verschiedenen Schattierungen der Intensität und seiner Herabminderung der Tageshelle, die sich namentlich im dichten Urwald sehr stark geltend macht; der Schnee, der ruhig und langsam in dicken Flocken fallen mag oder aber im lustigen Schneetreiben vom Winde gejagt wird; der Hagel, der zerstörend und rauschend, oft unter eigentümlich gelblicher Beleuchtung, in mächtigen Schloßen niederstürzt; auch Tau und Reif, welch letzterer namentlich im Rauhreif die schönsten landschaftlichen Wirkungen hervorbringen kann.

Auch die mechanischen Eigenschaften der Luft sind von größter Bedeutung für das Landschaftsbild im weiteren Sinne. Die Luft leitet nicht nur die Licht-, sondern auch die Wärmestrahlen und übermittelt daher unserem Gefühl die landschaftlich oft besonders charakteristischen Eindrücke der Wärme und Kälte. Sie leitet aber auch die Schallwellen und führt damit unserem Ohr oft Geräusche zu, die bestimmte Landschaften oder bestimmte Momente äußerst scharf kennzeichnen und darum wesentlich für unsere Auffassung genannt werden müssen. Sie trägt unserer Nase ebenso die Geruchswellen herbei, die oft so besonders charakteristisch sind. Die Leichtbeweglichkeit und die in der Troposphäre doch schon ansehnliche Dichte der Luft bewirken ferner eine Menge von Vorgängen und Erscheinungen, die von allergrößter Wichtigkeit für die Ausgestaltung des Landschaftsbildes sind: sie gestatten vor allem erst die Bewegung, die das natürliche Landschaftsbild so gewaltig vor dem gemalten an eindringlicher Wirkungskraft auszeichnen: die Bewegung lebender Wesen oder ihrer Fahrzeuge an der Erdoberfläche und in der Luft, die passive Bewegung von Pflanzen oder Pflanzenteilen im Winde, den Transport von Staub, Aschen und anderen Elementen der Lufttrübung; sie heben sie hoch empor bis in beträchtliche Höhen[1]) und verändern dort die optischen Bedingungen der Luft, sie lassen die gewaltigen Mauern riesiger Sand- und Staubwolken verfinsternd über die Landschaft ziehen und bringen die ruhige Oberfläche ruhender Wasseransammlungen in Aufruhr; sie greifen selbst die feste Erd-

[1]) Als ich 1906 während eines Sturmes die Hekla bestiegen hatte, sah ich vom Gipfel aus nur die höchsten Berggipfel der Umgebung klar, alles Land unterhalb 1000 m über dem Meere aber schleierartig trüb, indes das Tiefland in schwarze Nacht getaucht erschien.

oberfläche an — in Trockengebieten sogar mit so großem Erfolg, daß der Formenschatz dieser Länder in der Hauptsache dem Winde zu verdanken ist.

Die verhältnismäßig hohe Dichte der unteren Luftschichten gestattet aber den einmal emporgetragenen Trübungen ein längeres Verweilen in größeren Höhen und damit einen längeren Einfluß auf die optischen Bedingungen derselben; andererseits ist sie aber doch gering genug, um aufsteigenden Gas- oder Trübungsmassen, wie Rauch und Staub unserer Kulturgegenden, oder den Fumarolen vulkanischer Gebiete, den Dämpfen heißer Quellen keinen großen Widerstand entgegenzustellen, geschweige denn die Entwickelung des imponierenden Schauspiels springender Geyser oder gewaltiger explosiver Vulkanausbrüche zu verhindern oder ihre Großartigkeit zu beeinträchtigen. Wir sehen damit, daß die Lufthülle der Ort der allergroßartigsten Naturschauspiele werden kann, die dem menschlichen Auge überhaupt zu sehen beschieden sind, des Größten des Großen! und müssen erkennen, daß sie zu den allerbedeutsamsten Elementen der irdischen Landschaft gehört.

II. Besonderer Teil.

Einleitung.

Unendlich mannigfaltig ist unsere Erde an landschaftlichen Bildern verschiedenster Art, und jeder Versuch, dieser Mannigfaltigkeit in Beschreibung und Würdigung voll gerecht werden zu wollen, wäre von vornherein dazu verurteilt, ungenügend zu sein; aber wohl ist es möglich, bestimmte extreme Typen auszuscheiden und diese zu charakterisieren. Auch kann man vielleicht den Versuch wagen, sie ästhetisch zu bewerten, insofern man das besondere Schöne derselben hervorhebt; aber es ist meines Erachtens aussichtslos, sie miteinander nach dem höheren oder geringeren Grade der Schönheit in allgemein gültiger Weise in eine Stufenleiter einordnen zu wollen; denn, wenngleich allenthalben Schönes sich findet, so ist doch der Mensch in seinen Ansprüchen an das, was er als schön anerkennen will, so verschieden,

ja in verschiedenen Zeiten so wandelbar, daß kein Urteil, mag es auch noch so bestimmt aufgestellt und noch so fest mit wissenschaftlich abgewogenen Gründen gestützt sein, jemals Aussicht auf allgemeine Anerkennung haben wird. Der Bewohner der Ebene fühlt sich, plötzlich in die Hochgebirgswelt versetzt, eingeengt, sein an weite Horizonte und an den ständigen Anblick eines zur vollen Halbkugel ausgeweiteten Himmelsgewölbes gewöhnter Blick fühlt sich oft unbefriedigt, und alle Mannigfaltigkeit der Formen und Farben ersetzt ihm meist anfangs nicht, was ihm fehlt: erst allmählich lernt er die neuen Schönheiten würdigen, indem er sich in die andersgeartete Natur einzufühlen beginnt. Der Gebirgsbewohner, plötzlich in die Ebene versetzt, findet dieselbe anfänglich meist sehr langweilig, denn das negative Merkmal des Mangels an Bodenerhebungen fällt ihm höchst unvorteilhaft auf; die gleichbleibende Horizontale ermüdet ihn, die unauffälligen intimen Schönheiten ebener Landschaft entgehen seinem Auge allzuleicht, der große Reiz des weiten Horizonts bleibt ihm zunächst noch verborgen; höchstens die Schönheit des Sonnenunterganges im ebenen Gelände schätzt der Talbewohner, der sie nun erstmals sieht, gleich in ihrer vollen Bedeutung ein; aber das genügt noch nicht, um ihn mit den vermeintlichen Nachteilen dieser Landschaft auszusöhnen. Der Hochgebirgsbewohner vermißt im Mittelgebirge die gewohnte Größe der Verhältnisse, der Mittelgebirgsbewohner im Hochgebirge leicht den weichen Fluß der ihm vertrauten Bergkonturen. Der Bewohner feuchter Tropen findet Wüsten, Hochgebirge oder polare Gegenden vielfach wegen ihrer Pflanzenarmut geradezu abstoßend, dem Einwohner pflanzenarmer Landschaft aber kann andererseits das Wirrnis eines tropischen Urwaldes unschön, ja häßlich erscheinen. Der Küstenbewohner vermißt im Binnenlande sehr das belebende Element des Wassers mit seinen Formen- und Farbengegensätzen, der Binnenländer fühlt sich auf dem weiten Weltmeere leicht einsam, der Langweile hingegeben, weil die besonderen Reize des Meeres mit seinen vielfältig abgestuften Erregungs- und Ruhezuständen ihm anfänglich oft noch nicht jene eigenartige Stimmung einhauchen, die den Seemann sein Element und dessen besondere Landschaft so sehr lieben läßt.

Von dem großen Heer unserer alljährlich im Naturgenuß Erholung suchenden Landsleute wenden sich viele regelmäßig der

See, andere dem Gebirge zu, und keine Gründe werden den ausgesprochenen Parteimann davon überzeugen lassen, daß der Gegenpol seiner Anschauungen ebenso berechtigt wäre und als nicht minder schön zu gelten haben könnte.

Aber nicht nur mit dem Ort, sondern auch mit der Zeit ändert sich das Schönheitsideal beim einzelnen Menschen, wie bei ganzen Völkern. Das zeigen nicht nur die Wandlungen des Kunstgeschmacks verschiedener Zeiten, sondern oft auch der Wandel der Anschauungen des einzelnen. So ist mir noch sehr wohl in Erinnerung, wie mir in meiner Jugend die wilden Formen des Hochgebirges und, bei dessen Aussichten, der reizvolle Wechsel von Schnee und Fels, Matten und Wald, von Bergen und Tälern mit Seen, Dörfern und Feldern als der Inbegriff alles landschaftlich Schönen erschienen war, und als ich nach langjährigem Tropenaufenthalt wieder in die Alpen kam, da kamen sie mir kalt und abweisend vor; ich vermochte nun den mir früher absolut unverständlichen Abscheu der alten Römer vor dem Hochgebirge der Alpen einigermaßen zu begreifen; erst nach Jahren begannen sie wieder den alten Reiz auf mich auszuüben, und dann erst konnte ich es wagen, auch die herbe Schönheit nordischer Länder auf mich wirken zu lassen, die mir unmittelbar nach Verlassen der Tropen sicherlich völlig unverständlich geblieben wäre. Es braucht eben das Auge eine gewisse Zeit, um den neuen Verhältnissen gerecht zu werden, um sich einzufühlen und die besonderen Schönheiten einer neuen Umgebung zu erkennen und zu schätzen. Auf Grund solcher Überlegungen verstehen wir es, daß das Gewohnte uns leicht schön, das Ungewohnte aber minder schön, ja selbst häßlich erscheinen kann, wie z. B. Volz die Kiefern in Sumatra als schön, M. Haushofer aber die fremdartigen Gebilde der Vulkane als unschön empfand.

Bei den großen Gegensätzen, welche die einzelnen Landschaftstypen bieten, scheint es mir ausgeschlossen, daß irgend jemand hinreichend Zeit gefunden hätte, sich in jeden derselben so einzufühlen, daß er ein gerecht abgewogenes Urteil über sie alle fällen könnte. Ich jedenfalls bin weit davon entfernt und werde mich daher damit begnügen, mit einigen Worten besonders charakteristische Eigentümlichkeiten, eventuell auch Schönheiten und Stimmungsreize, hervorzuheben.

Der geologische Bau als solcher hat nur bei den Strukturformen und bei gewissen Abtragungsformen noch einen unmittelbaren Einfluß auf die Eigenart und ästhetische Gestaltung des Bildes, häufiger aber wirkt er nur mittelbar mit, insofern als er durch seinen Einfluß das betreffende Stück Erdoberfläche in verschiedene Höhenlagen, bald unter, bald über die Wasserhülle hinaufhebt, bald selbst in Höhen hinauf, wo die Niederschläge vorwiegend in fester Form fallen und ständig liegen bleiben. Im übrigen aber tritt der geologische Bau landschaftlich zurück, und das Klima mit seinen Einflüssen, besonders auf die Vegetation und die Niederschläge, aber auch auf die Tierwelt und den Menschen, wird zum bestimmenden Faktor.

Wo immer der geologische Bau noch auffällig als solcher das Landschaftsbild beeinflußt und nicht etwa erst bei eingehendem Studium sich gewisse Einflüsse nachweisen lassen, da gibt er der Landschaft einen besonderen großen Zug; ein solches Bild gewährt dem aufmerksamen Beobachter einen ungemein lehrreichen Einblick in das Walten der Natur, und dieses Verstehen der Formen hebt für den Kenner den Reiz der Landschaft ganz wesentlich, obgleich der künstlerische Eindruck dadurch in keiner Weise berührt wird. In dieser Hinsicht übertrifft der Anblick einer teilweise abgetragenen Landschaft sogar unter Umständen den ganz junger Strukturformen, wie wir ihnen in Vulkanen häufig begegnen, obgleich deren Konturlinien durch ihre viel größere Regelmäßigkeit und absolute Schönheit denen der Abtragungsgebilde überlegen zu sein pflegen: ihre Formen verstehen wir erst, wenn wir teilweise abgetragene oder experimentell aufgebaute Gebilde dieser Art damit verglichen haben; dort aber tritt der Aufbau dem unbefangenen Beobachter unmittelbar entgegen.

Die Strukturformen sind, wie schon früher hervorgehoben wurde, auch allenthalben auf der Erde gleichartig; die Abtragungsformen dagegen haben in den verschiedenen Klimagebieten je ihren besonderen Stil, ihre besondere Gestaltung, und je weiter die Abtragung vorgeschritten ist, desto weniger tritt im allgemeinen der Einfluß des inneren Baues noch landschaftlich durchgreifend hervor. Oft steht sogar die wirkliche Oberflächengestaltung in mehr oder weniger ausgesprochenem Gegensatz zu dem inneren geologischen Bau. Das trifft besonders häufig bei Faltungs- und Verbiegungs-, sowie stark gestörten Schollengebirgen und Eruptiv-

bauen ein, während Gegenden mit vorwiegend unverbogenen Schichten sich viel häufiger auf größere oder kleinere Strecken, auch in der Oberflächengestaltung, zum Ausdruck bringen. Das gilt namentlich von fast horizontaler Schichtenstellung, so daß also Tafelgebirge oder sonstige Gebiete ähnlichen inneren Aufbaues (einschließlich der Schichtebenen) in einem gewissen Gegensatz zu anderen Gebirgsgegenden mit steil aufgerichteten, mit verbogenen oder gefalteten Schichten oder zu solchen mit massigen Gesteinen stehen und daher jeweils einer besonderen Behandlung würdig wären. So hätten wir also drei besondere landschaftliche Hauptformtypen: solche der Flachschichtung, solche des Falten-, Verbiegungs- und Schollenlandes mit steil aufgerichteten Schichten und schließlich die Eruptivgebilde; doch ist freilich zu bemerken, daß zahlreiche Übergänge und Unterabteilungen hierbei auftreten, auf die einzugehen uns zu weit führen würde.

Da die Strukturformen an sich überall gleichartig sind, die Abtragungs- und Aufschüttungsformen aber jeweils nach Klima und Vegetationsdecke bzw. Art der Verwitterung und der Abtragung andere werden, so müssen wir uns wohl beim Versuch einer Einteilung der Landschaften der Erde in bestimmte Typen nach jenen Unterschieden richten. Wohl könnte man Pencks auf die Niederschlagsverhältnisse gegründete klimatische Einteilung in humide, aride und nivale Gebiete mit ihren Zwischenstufen unmittelbar übernehmen, um so mehr, als sie sich auch im Charakter der Pflanzenwelt deutlich ausprägen; doch scheint es mir angebracht, eine wichtige Temperaturgrenze, die Frostgrenze, noch mit zur Einteilung heranzuziehen, weil der Frost, als ein besonders wirksamer Faktor bei der Abtragung und bei der Verwitterung, morphologisch nicht unwesentliche Unterschiede in der Landschaft bedingt. Freilich gibt es scharfe Grenzen in der Natur nur selten, und auch die hier unterschiedenen Gebiete gehen vielfach ineinander über, namentlich aber schafft die Frostgrenze keine scharfen Scheidelinien, da sie sich mit dem Wechsel der Jahre manchmal nicht unwesentlich verschiebt. Aber wenn auch dann und wann ein besonders kalter Winter gelegentlich Frost in sonst frostfreien Gegenden auftreten läßt, oder wenn er in den Tropen zuweilen während der kälteren Jahreszeit einmal wesentlich tiefer herabsteigt als gewöhnlich, so verursacht dies naturgemäß in der morphologischen Ausgestaltung der Landschaft noch keine größeren

Unterschiede, und erst da, wo Frost regelmäßig häufig und intensiv auftritt, summieren sich seine Wirkungen so, daß sie landschaftlich wirksam werden. Infolgedessen müssen wir zu den ständig frostfreien Gebieten auch jene Gegenden gesellen, wo Frost nur selten auftritt, und beide zusammen in Gegensatz zu den regelmäßig und häufig vom Frost heimgesuchten Landschaften stellen.

Da mit Rücksicht auf den verfügbaren Raum keine eingehende Schilderung aller etwa deutlich unterscheidbaren Landschaftstypen möglich ist, auch ein Eingehen auf die Zwischentypen aus demselben Grunde sich verbietet, so möge im folgenden eine skizzenhafte Einführung in das Wirken der Natur in etlichen extremen Landschaftstypen und deren Einfluß auf das Landschaftsbild versucht werden.

Es seien zunächst frostfreie oder frostarme Landschaften besprochen, und zwar solche des regenfeuchten Tropenwaldes (d. i. Gegenden, wo ein Optimum des Regenfalles sich mit ständig hoher Temperatur verbindet: „pluviale“ Gebiete im Sinne von J. Walther), der periodisch feuchten, offenen Tropenlandschaft (d. i. Gegenden, wo hohe Temperaturen vorherrschen, aber nur einen Teil des Jahres über starke Niederschläge fallen) und der tropischen und subtropischen Wüsten (d. i. Gegenden mit vorwiegend hoher Temperatur, aber nur seltenen, unregelmäßigen Regen).

Von Landschaften, die regelmäßig in stärkerem Maße vom Frost heimgesucht werden, mögen kurz behandelt werden die immerfeuchte Landschaft der gemäßigten Zone (ausgezeichnet durch ansehnliche Niederschläge das ganze Jahr über und ausgesprochenen Gegensatz von Sommer und Winter), die semiaride bis aride Landschaft der gemäßigten Zone (Gebiete mit kontinentalem Klima und spärlichen Niederschlägen), das Hochgebirge der mittleren und niederen Breiten (Gebiete mit starker Frostwirkung, geringer Luftfeuchtigkeit, häufigem Auftreten von Schnee und Eis) und die subpolare und polare Landschaft (Gebiete mit langen, strengen Wintern und bedeutender Entwickelung des Gletscherphänomens).

Außerdem mag die Küstenlandschaft noch gesondert behandelt werden, da sie durch die Einwirkungen des Meeres und Meerwassers vielfach eine Sonderstellung erhält, die trotz aller Einflüsse des Klimas und der Pflanzenwelt doch sich durch-

setzt. Freilich wird auf solche Weise ein Landschaftstypus aufgestellt, der durch verschiedene Zonen und natürliche Gebiete hindurchreicht. Eine solche freie Behandlung mag aber mit Rücksicht auf den landschaftlich überragenden Einfluß des Meeres gestattet sein. Es wird übrigens auch im Laufe der Charakterisierung der sonstigen Einzeltypen gelegentlich über deren Grenzen hinausgegangen werden, um der Natur nicht Gewalt anzutun, da in ihr ja tatsächlich gemischte Landschaftsbilder, d. h. Landschaftsbilder mit Elementen aus verschiedenen Typen, häufig auftreten; diese sind dadurch vielfach — infolge der gesteigerten Mannigfaltigkeit und der zahlreichen Gegensätze — sogar künstlerisch besonders begünstigt.

1. Regenfeuchte Tropenlandschaft.

Wenn wir uns zu Schiff einer gebirgigen, regenfeuchten Tropenlandschaft nahen, so sehen wir die ganze Gegend mit scheinbar lückenlosem, dichtem Laubwald bedeckt, der in größerer Nähe wohl noch die Rundung der einzelnen Bäume, vereinzelte Palmen und sonst auffällige Gewächse erkennen läßt, in größerer Entfernung aber zu einer einheitlichen grünen bis blauen Mauer verwächst. Hinter einer schmalen Küstenebene erhebt sich eine Reihe paralleler Vorketten vor einem hohen Gebirgsrücken, den ein mächtiger kühngestalteter Vulkan überragt. In diesem ganzen Bild spricht zu uns unmittelbar zunächst nur die letztere Berggestalt, indem ihre prachtvolle Kegelform mit den einfachen, oben steil anhebenden, nach unten sanft auslaufenden Konturlinien uns mit Sicherheit sagt, daß wir es mit einem noch wenig angegriffenen vulkanischen Aufschüttungsgebilde zu tun haben. Die scheinbar wenig modellierten Gebirgszüge samt dem überragenden Gebirgsrücken mit ihren sanft auf- und absteigenden Kammlinien lassen uns zunächst über ihren Bau völlig im unklaren; es bleibt für uns noch ganz unsicher, ob wir es mit Eruptivrücken oder etwa Faltungsgebirgen zu tun haben, und erst wenn mit allmählich wechselnder Beleuchtung da und dort vielleicht einige mächtige plumpe Klötze und spitzere Zacken aus dem anfänglich herrschenden Dunst sich scharf herausheben, erkennen wir, daß erstere wohl Kalksteinberge, letztere vielleicht Quarzite, vielleicht auch schwer verwitterbare Eruptivgebilde sind. Die meisten der übrigen

Erhebungen aber erscheinen nur als recht wenig gegliederte, unter sich gleichartige Gebilde, und erst wenn nach vorübergehenden Strichregen aus jedem Tal und jeder Geländefalte reichliche Nebel aufsteigen, sehen wir, daß die Gliederung der Massen doch reicher ist, als es anfänglich geschienen hatte, und daß manches Tal, manche Einzelerhebung, mancher Bergkamm nun deutlich heraustritt, der uns vorher völlig entgangen war. Aber was wir von Formen erkennen können, scheint uns recht gleichartig zu sein, so daß wir entweder eine sehr einförmige geologische Zusammensetzung des Gebirges oder ein sehr gleichförmiges morphologisches Verhalten verschiedener Gesteine annehmen müßten, von welch letzterem freilich einzelne Ausnahmen vorhanden wären. Wir müssen aber vermuten, daß die physiognomische Erscheinung der Geländeformen uns in dieser Landschaft nur selten einen sicheren Schluß auf die Gesteinsbeschaffenheit gestatte, daß also der geologische Bau hier verhältnismäßig wenig im Landschaftsbilde hervortrete, soweit die Verschiedenheit der Gesteinsarten in Frage kommt. Aber während dieser Überlegungen hat die scheidende Sonne allmählich ein helles Licht über die Gebirgsgegend verbreitet; sie zeigt uns in dem dunklen Waldbild nun doch mancherlei Lücken, die durch kurz vorher erfolgte Rutschungen entstanden sein mußten, und ihre verhältnismäßig hohe Zahl beweist uns, daß Rutschungen in diesem Gebiete eine wichtige Rolle in der Abtragung spielen. Indem wir ferner an den groben Bergklötzen kahle, hellgraue Steilwände aus dem allgemeinen Grün herausleuchten sehen, verstärkt sich uns die Vermutung, daß wir es hier mit Kalksteinen zu tun haben, und wir schließen weiter, daß sedimentäre Formationen wohl auch sonst am Aufbau des Gebirges beteiligt sein dürften. Immerhin wird uns aber klar, daß nur eine genauere Untersuchung an Ort und Stelle uns einen sicheren Einblick in den geologischen Bau des Ganzen geben könnte, und daß schon die bedeutende Höhe der Waldbäume uns manche Einzelheiten des geologischen Gefüges oder besonderer Kleinformen der Gesteinsoberflächen verbergen müßten.

Wenn wir nun vom Strand oder von einem Flusse aus den Saum des Waldes betrachten, so bemerken wir, daß derselbe überall wie mit einer grünen Blattmauer abgeschlossen ist, und daß die zwischen dem Unterholz, den halbhohen Palmen und Laubbaumkronen und dem hochgelegenen Astwerk der Urwald-

riesen vorhandenen Lücken durch schlingende Kräuter, Lianen und sonstiges Pflanzenwerk ausgefüllt sind und so dem menschlichen Blick wie aber auch — was für die morphologisch wichtigen Vorgänge von Bedeutung ist — dem Winde den Eintritt in das Innere verwehren.

Suchen wir auf einem der Flüsse mit dem Ruderboot tiefer in das Urwaldgebiet einzudringen — und Flüsse sind in diesen Gegenden die besten und meist benutzten Verkehrswege —, so bemerken wir, daß der erwähnte seitliche Abschluß des Urwaldes uns überall begleitet, und daß an vielen Stellen die Waldbaumkronen mit ihrem Schlingwerk bis unmittelbar zum Wasserspiegel herabreichen. Die Ufer sind anfangs ganz flach, werden aber allmählich höher; sie sind aus alluvialen Tonen gebildet, an denen einzelne Steilwände uns von jungen Abbrüchen erzählen; nicht selten können wir eine Mächtigkeit von etlichen Metern feststellen. Zuweilen steigen über den Wasserspiegel Kiesbänke auf, deren Gerölle uns einen rudimentären Begriff von der Zusammensetzung des Hinterlandes gewährt. An kleinen Stromschnellen sehen wir auch wohl anstehendes Gestein: meist harte Bänke sedimentärer Felsarten oder quer durchziehende Eruptivgänge, die einen größeren Widerstand gegen Verwitterung und Abtragung geboten haben. Wir tun gut, dies Anstehende wie auch die Geröllbänke genau zu untersuchen, denn hier haben wir wenigstens frisches Gestein, das sichere Bestimmung zuläßt.

So viele landschaftliche Kleinbilder von großem Reiz die Flußfahrt uns auch bieten mag, so fehlt es doch meist völlig an weiten Blicken; stunden-, ja tagelang kann man Windung um Windung des Flusses hinauffahren, ohne auch nur ein einziges Mal wieder die Gebirgslandschaft im Hintergrund zu Gesicht bekommen zu haben, und man könnte wohl glauben, in einer ausgedehnten Ebene zu fahren, wenn nicht bei einzelnen Strecken und Biegungen sich einmal ein schmaler Streifen, ein Ausschnitt aus dem Gebirgspanorama zeigte, groß genug, um einen allgemeinen Begriff von dem Vorhandensein bedeutender Erhebungen in geringer Entfernung zu bekommen, aber zu schmal, um irgend einen Überblick zu gestatten.

Menschliche Siedelungen treffen wir nur ganz vereinzelt an, wie denn überhaupt die tropischen Waldlandschaften sehr dünn bevölkert zu sein pflegen, und wo sie auftreten, da sind es meist

armselige Dörfchen oder aber Einzelsiedelungen (Holzfällereien, Fischereistationen u. dgl. oder Hütten von Eingeborenen). Von solchen Stellen oder von den dazwischen gelegenen Rastorten der Bootsleute müssen wir ausgehen, wenn wir ins Innere des Urwaldes eindringen wollen, denn nur von ihnen aus gehen Fußpfade in den Wald hinein, der sonst nur mit Hilfe des Buschmessers mühsam gangbar gemacht werden kann. Im Wald nun bemerken wir meist, wenn auch nicht immer, ein dichtes Unterholz von Büschen, Pälmchen und hochwüchsigen Kräutern, darüber zahllose Kronen von kleinwüchsigen Bäumen und mäßig hohen Palmen und Farnen und über ihnen die gewaltigen Kronen der Riesenäume, auf deren Ästen sich epiphytische Gewächse in großer Zahl angesetzt haben, während Lianen und Luftwurzeln den Luftraum zwischen den einzelnen Elementen des Waldes durchziehen und kletternde Gewächse in dichter Drängung die hochragenden Stämme bedecken. Die Mannigfaltigkeit der Pflanzen und ihrer oft sehr schöngeformten und großen Blattorgane ergibt auf Schritt und Tritt neue Gruppierungen, die einen hohen Reiz durch ihren Formenreichtum und ihre Zusammenstellung ausüben; obgleich die Farben meist in dunklen Tönen von Grün und Braun schwanken, also intensiverer Abwechslung entbehren, sind die pflanzlichen Kleinbilder doch oft von entzückender Schönheit, die zuweilen durch farbenprächtige und eigenartige Tiere: Schmetterlinge, Kolibris, wandelnde Blätter und andere Insekten, Schlangen usw. noch gehoben werden. (Ich muß hier der Schlangen noch besonders gedenken, weil man ihrer Schönheit hinsichtlich der Zeichnung und Farbe ihrer Haut, wie auch hinsichtlich der Bewegung, namentlich beim Erklettern von Bäumen, gewöhnlich in Erinnerung an ihre Gefährlichkeit nicht gerecht wird!) Meist herrscht im Urwald tiefste Stille; nur selten unterbricht sie der herrliche Gesang unsichtbarer gefiederter Sänger oder aber das gewaltige Brüllen des possierlichen Brüllaffen oder der scharfe Ruf eines fernen Raubtieres, das Krachen und Fallen eines abbrechenden Astes. Erst gegen Abend erwacht ein lauteres Treiben, die Zikaden zirpen und Tierrufe aller Art füllen dann wohl dazwischen die Luft, bis die sinkende Nacht wieder Ruhe über den Wald breitet; das leise Rauschen des Windes in den Kronen der Bäume, das Plaudern des nahen Baches, das Knistern des Lagerfeuers ist dann schließlich das einzige, was unser Ohr

noch vernimmt, bis mit dem Erwachen des Tages aufs neue Leben in die Natur kommt, das aber mit steigender Sonne wieder verstummt.

So schön nun die einzelnen Kleinbilder im Urwald sein können, so mangelt dem menschlichen Auge doch je länger je mehr der weitere Ausblick; die Enge des Gesichtsfeldes drückt allmählich auf das Gemüt. Dazu kommt, daß neben den immer neuen, schönen Gruppierungen pflanzlicher Kleinbilder und neben dem köstlichen Orchideenduft doch auch zuweilen häßliche Pflanzenwirrnisse, kahle, von den Bäumen abgerutschte Lianenstengel und dergleichen mehr bei dumpfem Modergeruch auftreten.

Wenn wir unseren Marsch fortsetzen und am Rande des Gebirges dahinziehen, so fällt uns wohl auf, wie groß die Zahl der zu überschreitenden Bäche und Flüsse ist, und wir schließen daraus, daß die tatsächliche Gliederung des Gebirges weit größer sein muß, als uns der Augenschein verraten hatte.

Anstehendes Gestein bemerken wir in der Ebene, auf den Vorhöhen und am Gebirgsabfall auf unserem ganzen Marsche nicht, und die einzigen Proben frischen Gesteins, die wir zu Gesicht bekommen, sind in den Geröllen der Flüsse zu finden, bis wir plötzlich in ein Kalkgebiet kommen, wo zerfressene, oft hohe Kalksteinblöcke und Felsen sich geradezu drängen, so daß für den Fußpfad kaum noch genügend Raum bleibt. Wir müssen daraus schließen, daß sehr klüftige, der komplizierten chemischen Verwitterung nicht zugängliche Gesteine hier der Abtragung entschieden stärkeren Widerstand entgegensetzen als andere Felsarten. Indem wir in den Bächen Gerölle recht verschiedener Gesteine vorfinden, also infolgedessen eine ziemliche Mannigfaltigkeit auf petrographischem Gebiet annehmen müssen, während doch die Formen, soweit erkennbar, außerhalb des Kalkgebietes überall gleichartig sind, so kommen wir zur Überzeugung, daß in den feuchten Tropen recht verschiedenartige Gesteine sich morphologisch ähnlich verhalten können. Indem wir weiterwandern und dabei Gelegenheit finden, eine der oben erwähnten Rutschungen in der Nähe zu studieren, kommen wir dem Rätsel näher: wir bemerken nämlich, daß die Rutschung, trotz ihrer großen Breiten- und Höhenausdehnung und ansehnlichen Mächtigkeit, kein anstehendes Gestein aufgeschlossen und in Mitleidenschaft gezogen hat; wir ersehen daraus, daß die Verwitterung das ihr zugängliche Gestein bis in große

Tiefen hinab zersetzt hat, daß also das Anstehende selbst an Berghängen von einem mächtigen Verwitterungsmantel bedeckt ist, in dem sich der wichtige Abtragungsvorgang der Rutschung fast ausschließlich abspielt: das Anstehende selbst hat infolgedessen an der morphologischen Ausgestaltung der Hänge keinen unmittelbaren Anteil mehr. Das Material der Rutschungen, auf dem Vegetationsinseln vielfach herabgeschwommen sind, ist stets stark aufgeweicht, und wo man frisches Gestein darin findet, da sind es gewöhnlich nur die von der Verwitterung noch nicht erreichten innersten Kerne ehemaliger Gesteinsblöcke; dieselben verlieren durch oberflächliche Abnutzung in den Bächen und Flüssen meist noch ihre angewitterten Außenränder und liegen dann als frische Gerölle in den Kiesbänken.

Daß die chemische Verwitterung in diesen Urwäldern einen außerordentlich hohen Betrag erreichen kann, wird uns bei der Wanderung unmittelbar klar, wenn wir die schwüle Treibhausatmosphäre im Innern des Waldes bedenken und bemerken, wie sich hier hohe Wärme mit starker Luftfeuchtigkeit vereinigt. Die Luftfeuchtigkeit ist selbst nach einer Reihe regenloser sonniger Tage noch immer sehr hoch, der Boden des Waldes ständig feucht, weil der Wald durch seine mächtigen Kronen und seinen seitlichen Abschluß jeden Wind fernhält; wohl werden die Bäume bei starkem Winde oft kräftig geschüttelt, bei Sturm oft sogar entwurzelt, aber nur selten bricht der Wind zwischen den Kronen der Baumriesen in das Innere des Waldes durch und schüttelt die kleineren Bäume und Büsche; für die Austrocknung des Innenraumes bleibt er aber meist ohne jede Folge, da in den Nischen und Zisternen zahlreicher Epiphyten und in sonstigen Hohlräumen von Pflanzenteilen oder am Boden von früherem Regen her meist noch Wasseransammlungen vorhanden sind, deren durch den Zutritt trockenerer Luft angeregte Verdunstung rasch wieder die Luftfeuchtigkeit im Innern des Waldes in die Nähe des Sättigungspunktes bringen. Immerhin trocknet eine längere Reihe regenloser, sonniger Tage wenigstens die oberflächlichsten Teile des Bodens einigermaßen aus, so daß sich die äußersten Krumen ablösen; das Innere des Bodens bleibt aber jahraus jahrein feucht, ist oft sogar in höchstem Maße wasserdurchtränkt, zuweilen selbst fließfähig, und es mag wohl auch einmal vorkommen, daß wir unseren Pfad durch eine breiartig

weiche Masse von Erde gesperrt finden, und ein näheres Nachgehen zeigt, daß diese Fließerde durch irgendeine Verletzung des Vegetationsfilzes herausgebrochen und abwärts geflossen ist.

Wo wir bei einem künstlichen Einschnitt, wie sie z. B. Eisenbahnen vielfach verursachen, im feuchten Tropenwalde solche Fließerde beobachten können, da sehen wir sie ganz langsam, aber stetig unter der Vegetationsdecke hervorkommen und weiterfließen, während der Vegetationswurzelfilz trotz seiner durch die holzigen Wurzeln der Waldbäume bedingten ansehnlichen Starrheit in den durch den Abfluß der Erdmassen entstandenen Hohlraum sich hinabsenkt, sich also der neuen Unterlage anpaßt. Angesichts solcher Beobachtungen liegt die Vermutung nahe, daß in den feuchten Tropen ein langsames Abwärtsfließen des Bodens unter der Wurzelschicht trotz des von diesem ausgeübten, stark bremsenden Druckes stattfinde; dies Abwärtsfließen wird durch starken Wind voraussichtlich stark befördert, indem die durch das Schütteln der Bäume bewirkte Bewegung der Wurzelscheiben ein Abwärtsdrängen, ja Abwärtspumpen der durchtränkten Massen erzeugen muß.

Wenn wir den Gebirgshang aufwärts steigen, so bemerken wir, daß unser Pfad im Kalkgebirge meist steil am Hange selbst emporführt, während in den von einem Verwitterungsmantel umgebenen Formationen die Pfade gewöhnlich auf Graten und Kämmen hinziehen, denn dort wäre an den Hängen die Gefahr der Unterbrechung durch Rutschungen zu groß. An Kalksteinhängen kommen aber größere Rutschungen, soweit ich sehen kann, nicht vor, höchstens kleinere Vorgänge dieser Art oder auch Erdausflüsse, wie sie oben angeführt worden sind.

Während wir unseren Kalkberghang hinaufsteigen, wird es in dem an sich düsteren Walde dunkler und dunkler, und bald verkünden einzelne Windstöße und ferner Donner das Nahen eines Gewitters. Nicht lange, so vernehmen wir auch schon ein fernes Rauschen wie von einem Wasserfall, das rasch wachsend sich uns nähert, bis plötzlich der Regen machtvoll auf die gewaltigen Baumkronen über uns niederrauscht. Einige Augenblicke noch schützt uns das Blätterdach, dann aber werden wir mit unserer ganzen Umgebung schnell durch zahlreich niederstürzende Wassertropfen durchnäßt, deren Aufprall auf dem Boden trotz der verhältnismäßig geringen Fallhöhe die losen Bodenkrumen als-

bald zum Tanzen bringt. Aber die große lebendige Kraft des frei niederfallenden Regens ist durch das Blätterdach stark abgeschwächt worden; bei einem nicht ganz unbedeutenden Teil des Regenwassers ist auch die fallende Bewegung in eine fließende umgewandelt, indem es längs Lianen, Luftwurzeln, Stämmen niederrinnt; zahllose Einzeltropfen hüpfen auch an den mit Klettergewächsen überdeckten Stämmen von Blatt zu Blatt wie auf einer Treppe, so daß sie ohne nennenswerte lebendige Kraft den Boden erreichen; ein weiterer Teil des gefallenen Regens füllt die Blattrosetten epiphytischer und kletternder Gewächse und sonstige Hohlräume auf. All dies setzt die spülende Wirkung des Regenwassers herab, und in gleicher Richtung wirken die zahlreichen Gewächse des Bodens, indem sie das abrinnende Regenwasser immer wieder aufhalten und mit seiner Geschwindigkeit auch seine Spülkraft herabsetzen, gleichzeitig aber das Einsickern des Wassers in den Untergrund begünstigen. Trotz alledem ist bei einem tropischen Regenguß das oberflächlich abfließende Regenwasser alsbald trübe, mit Sinkstoffen beladen, und wenn auch das Maximum der Spülwirkung unmittelbar nach Trockenperioden sich einzustellen pflegt, so fehlt es doch auch in der Regenzeit, wenn der tonige Oberflächenboden durch die Feuchtigkeit besonders gut gebunden ist, bei starkem Regen nie an Trübung. Unser Pfad ist in kürzester Frist zu einem kleinen Wildbache geworden, in dem die braunen Wassermassen wie in einem Bachbett niederstürzen und erodierend den Pfad immer tiefer legen, soweit nicht der feste Fels dem ein Hindernis bietet. Die Menge des oberflächlich abgespülten Erdreiches muß sehr beträchtlich sein; das sieht man deutlich an den zahlreichen bloßgelegten Wurzeln, das sieht man aber auch an dem Sinkstoffreichtum der rasch anschwellenden Bäche und Flüsse, der offenbar zum allergrößten Teil auf Spülwirkung, zum kleineren Teil auf Erosion und Einsturz von Uferwänden zurückzuführen ist. Besonders anschaulich hat Guppy den hohen Betrag der Abspülung zu machen gewußt, indem er erzählt, daß das Meer in den Salomonen nach einem Platzregen in einer Breite von einer halben Meile um die Inseln her trüb wäre.

Da grober Schutt an der Oberfläche fehlt, so mangelt es in tropischen Waldgebieten auch an Schutthalden am Fuß der Hänge; vielmehr steigen diese oft ganz unvermittelt aus der Ebene auf

oder zeigen nur eine geringe Abflachung am untersten Ende; die Hänge selbst zeigen oft in unerwartet großer Ausdehnung ganz gleichmäßige Böschungswinkel, was wohl in der Hauptsache auf die zahlreichen Rutschungen zurückzuführen ist: diese bewirken eine Ausgleichung der gesamten Böschung und kommen oft erst am Fuße des Hanges zur Ruhe, soweit nicht hier ein Fluß die Rutschmassen sofort entführt.

Rutschungen bemerkt man sehr oft auch in den höchsten Erhebungen, und nicht selten kann man sehen, daß sie sogar bis zum Bergrücken oder Kamm hinaufreichen; wo nun auf der Gegenseite ebenfalls eine Rutschung stattfand und beide sich schneiden, da wird naturgemäß der breite Rücken in einen mehr oder weniger scharfen Grat oder Kamm umgewandelt, und es ist sehr wohl möglich, daß wir auf unserer Wanderung längere Zeit auf einem breiten Bergrücken dahingehen, der dann plötzlich — meist unter Erniedrigung der Höhenlage — in einen scharfen Grat übergeht, um nach längerer oder kürzerer Strecke wieder einem Rücken Platz zu machen. Da uns im Urwalde natürlich jeder Ausblick fehlt, so können wir nur in seltenen Fällen mit Sicherheit feststellen, daß der Wandel der oberen Endform der Längserhebung mit der jeweiligen Entfernung der parallel an jedem Fuß hinfließenden Gewässer zusammenhängt: wo sie sich nähern, schneiden sich leicht die beiderseitigen Rutschungen und wandeln damit die Rückenform in eine Gratform um. Wir verstehen nun aber sehr gut, daß in manchen feuchten Tropengegenden die sonst so häufigen Rückenformen gänzlich fehlen und dafür lauter scharfe Grate auftreten (nicht selten sogar durch sehr widerstandsfähige Quarzgänge ausgezeichnet); es muß das der Fall sein, wo zahlreiche, ungefähr parallele Flüsse eine sehr rasche Tiefenerosion entwickeln und damit das Phänomen der Rutschungen sehr begünstigen, wie das offenbar im Finisterregebirge und anderen Teilen Neuguineas, aber auch vielfach anderwärts der Fall ist. Naturgemäß neigen vor allem die Formationen zur Herausbildung von Gratformen, die chemischer Zersetzung oder, wie Tone und Tonschiefer, der Aufweichung oder mechanischen Umlagerung unterworfen sind, während das Kalkgebirge sich abweichend verhält.

Daß Kämme und Bergrücken in den Tropen so vielfach auf weite Strecken unterhalb der Baumgrenze kräftiger Paßeinsenkung

und wohlindividualisierter Gipfel entbehren, ist zum Teil zweifellos auf den formenschützenden Einfluß der üppigen Vegetation, zum Teil aber auch auf die gleichmäßigere, im Verwitterungsmantel selbst vor sich gehende Abtragung zurückzuführen; doch ist der Vorgang im einzelnen bisher ebensowenig aufgeklärt, wie der der Herausbildung der Bergrückenformen. Die Häufigkeit der Rückenform ist jedenfalls vielen feuchten Tropengebieten charakteristisch, in manchen anderen, wo die Gratform vorwiegt, wird aber die Rückenform nicht selten durch die Vegetation vorgetäuscht, indem die breitausladenden Baumkronen leicht auf größere Entfernung den Eindruck einer darunter befindlichen breiteren Oberflächenform erwecken.

Die Vegetation ist auch in erster Linie daran schuld, daß man die kleineren Geländefalten im Landschaftsbilde nicht erkennen kann. Das wird uns besonders klar, wenn wir auf unserer Wanderung den von weitem so jugendlich frisch erscheinenden Vulkankegel erreichen und bemerken, daß derselbe von zahlreichen, zum Teil recht tief einschneidenden Radialschluchten zerschnitten ist und nur in den Kammlinien der Radialrippen noch die ursprüngliche Strukturform deutlich erkennen läßt. Desgleichen können wir im Kalkgebirge zahllose mächtige Dolinen, Schlote und sonstige Karstgebilde feststellen, während das Waldkleid im Fernbilde keine Andeutung dieser Oberflächenformen erkennen läßt. Nur wirkliche Großformen des Geländes setzen sich im Landschaftsbilde noch deutlich durch, und da klüftige Kalksteine oder unlösliche und zugleich sehr harte Quarzite weit weniger schnell abgetragen werden als ihre starker chemischer Zersetzung unterliegende Umgebung, so werden sie aus dieser oft mit sehr schroffen Wänden gewissermaßen herauspräpariert und deuten dann schon durch ihre Form die Gesteinsart selbst im Tropenwalde an. An ihnen läßt sich auch nicht selten der morphologische Einfluß großer Verwerfungen deutlich erkennen; außerdem ist nicht selten auch die Kammlinie stellenweise sehr tief eingeschartet oder, wie bei den Cockscomb Mountains in Britisch Honduras, sogar wild zersägt, während sonst in den feuchten Tropen erst hoch oberhalb der üppigen Vegetation gelegene, den Einwirkungen intensiven Spaltenfrosts ausgesetzte Kämme wieder ähnliche Formen auch im Gebiete chemisch zersetzbarer Formationen aufzuweisen pflegen.

Blick auf das Orgelgebirge in Brasilien in süd-südostlicher Richtung, aufgenommen in etwa 1000 m Höhe oberhalb Therezopolis. Feuchte Tropen. Die steilen Bergformen der alten kristallinen Landschaft im Hintergrund erklären sich aus der überaus raschen Abtragung. Das Gebirge erreicht Höhen von 2200 m, die zweite Zacke links im Bild ist der „Dedo de Deus" (= Gottesfinger).
Aufnahme von Prof. Dr. E. Bresslau.

Urwald in der Tierra Templada von Guatemala (bei Agua Amarga zwischen Santa Maria und Zuñil). Aufnahme von G. Hurter. Vom Anstehenden ist trotz steiler Hänge gar nichts zu sehen. Der Farnbaum rechts spricht für ständig feuchtes kühles Klima.

Indem wir höher und höher im Gebirge aufsteigen, ändert sich auch der Charakter der Pflanzenwelt; vertraute Baum-, Unterholz- und Lianenformen treten zurück und andere an ihre Stelle. Allmählich stellen sich Moose und Flechten in immer wachsender Zahl ein; sie umziehen in dichten Lagen den Boden, die Stämme und Äste, jede Abschwemmung des Erdreiches verhindernd, und zeigen uns trotz des zufällig draußen herrschenden strahlenden Sonnenscheins an, daß wir uns in einem „Nebelwald" befinden, d. h. in einem Walde, wo Nebel und leichter Sprühregen außerordentlich häufig auftreten, zuweilen sogar so dicht, daß selbst um die Mittagszeit das Licht des Tages zu tiefer Dämmerung herabgemindert werden kann!

Wenn wir auf eine der vegetationslosen Bergspitzen hinaustreten und das Wetterglück uns so wohl will, daß nicht, wie gewöhnlich, Nebel uns einschließt oder allenthalben graue Wolkenfetzen aus den Tälern und Wäldern aufsteigen, indes geradlinig abschneidende Schichtwolken die großen Erhebungen verhüllen, sondern klarer Sonnenschein über dem Ganzen ruht und deutlich alle Teile des Bildes hervortreten läßt, so sehen wir von unserer hohen Warte aus ein wahres Waldmeer: überall, wohin auch das Auge blickt, dunkler Laubwald, dem höchstens in den Hochregionen auch Nadelhölzer beigemischt sind; Wald deckt die Berge und Täler und die weite, weite Ebene bis hinaus an den blinkenden Ozean; wieder bemerken wir gar manche Kette, gar manchen Bergklotz erst nach langem scharfen Hinsehen an leichtem Schatten, der sie gegenüber der dunklen Umgebung noch heraushebt, oder an Nebelschwaden, die hinter ihnen aufsteigen. Wieder fällt uns auf, wie wenig doch eigentlich, abgesehen von den Kalk- und Quarzitbergen, oder von dem prachtvollen Vulkankegel, der unser Auge immer wieder auf sich lenkt, in diesem Bilde der geologische Bau unmittelbar hervortritt. Gewiß hat er auch hier die Grundlinien des Bildes gezeichnet, und nach unserer Wanderung wissen wir nun auch, daß sedimentäre und eruptive Gesteine in gleicher Weise am Aufbau der großen Höhenzüge beteiligt sind. Die Mehrzahl dieser Züge dürfen wir als Teile eines Faltengebirges bezeichnen; aber wir müssen zugeben, daß der Formenschatz desselben wenig von dem komplizierten Bau ahnen läßt, der dem allen zugrunde liegt. Nur an wenigen Stellen, so an Kalksteilwänden, an Flußdurchbrüchen und an Aufschlüssen,

welche die rasch fortschreitende Tiefenerosion der Flüsse schafft, ist ein unmittelbarer Einblick in den Bau selbst möglich und auch hier meist nur aus der Nähe; stundenlang können wir auf manchen Strecken wandern, ohne auch nur ein einziges Mal anstehendes Gestein in frischem Zustande zu sehen, so daß wir suchen müssen, eine rudimentäre Kenntnis des Aufbaues dieser Gebiete aus den Rollstücken der Bäche zu gewinnen. Da wir bei unserem Marsche immer wieder Einzelkämme in etwa gleicher Höhe überschreiten, schöpfen wir daraus die Vermutung, daß es sich hier möglicherweise um eine stark zerschnittene ehemalige Rumpffläche handeln dürfte; aber wenn wir nun von oben her die Ausdehnung der vermuteten Peneplain festzustellen versuchen, so mißlingt der Versuch gewöhnlich, weil alle tief- und ferngelegenen Erhebungen zu wenig scharf hervortreten, um weitere Spekulationen über ihre Höhenlage, genauere Gestalt und Entstehungsweise zu erlauben.

Das Landschaftsbild des regenfeuchten Tropenwaldes bietet dem forschenden Auge überhaupt ein Minimum von festumschriebenen Großformen und verhüllt uns den ganzen Schatz der Kleinformen, die doch oft geeignet wären, einen Aufschluß über den geologischen Bau zu gestatten. Die Verlegung des Abtragungsvorganges in den Verwitterungsmantel verleiht vielen Formationen weitgehende morphologische Gleichartigkeit, so daß wir unter allen nicht von geologischen oder hydrologischen Deckgebilden überdeckten Landschaften im tropischen Urwalde am allerwenigsten den unmittelbaren Einfluß des geologischen Baues auf das Landschaftsbild nachwirken sehen. Es spielt eben hier die üppige, schon in ihrem geologischen Verhalten formenvereinfachende und formenerhaltende Vegetation etwa dieselbe Rolle wie ein Deckgebilde: ein vegetatives Deckgebilde, das viele Geländeformen unmittelbar verhüllt oder mittelbar verschleiert, das in seinem gleichförmigen Grün selbst die spärlichen Lichtungen kaum erkennen läßt, die einsame Siedler in diesem Blättermeere geschaffen haben. Von den zahlreichen Flüssen und Seen des Tieflandes blitzt nur da und dort ein schmaler Wasserfaden oder eine etwas größere Wasserfläche auf und das sogar in Zeiten, wo nach schweren Regengüssen die gewaltig gestiegenen Flußwasser weit über das Bett hinausgedrungen sind und ein sehr großer Teil der Ebene eigentlich *ein* trüber Überschwemmungssee ist, dessen Absätze die Ebene um ein geringes höher legen werden! Wie einförmig und einfärbig ist doch im Grunde

genommen ein solches Bild, soweit nicht energisch gezeichnete Erhebungen ihm Abwechslung verleihen! Und doch übt es auf den Kenner des Landschaftscharakters meist einen unbeschreiblichen Zauber aus, sei es, daß der Wald allenthalben dampft und Nebelfetzen an den Bergen hängen, oder daß die Sonne vom klaren Himmel auf das dunkle Bild niederschaut und die Schatten etlicher Haufenwolken langsam über die Waldflächen hinziehen! Tiefe Stille rings umher! Selbst das Rauschen des Windes dringt von den tief unter uns liegenden Wäldern nicht mehr zu uns herauf. Es ruht etwas Geheimnisvolles über dem Ganzen; wir wissen, daß diese Blätterhallen gar manche Hütte, manche Siedelung beherbergen, daß Eingeborene hier mit primitiven Waffen der Jagd obliegen, daß vielleicht alte Städte aus der Zeit einer höheren Kultur dieser Stämme grün umsponnen im Urwalde träumen; wir wissen, daß das Blättermeer eine unendliche Fülle der entzückendsten Kleinbilder bedeckt, daß dort die Bäche rauschen, die Vögel singen, das Großwild durch die Büsche bricht. Langsam verschiebt sich der riesige Schattenkegel, den der Vulkan mit sinkender Sonne über den Wald breitet, Stunde um Stunde verrinnt, und schwer nur trennen wir uns von dem geheimnisvollen Bilde mit seiner erhabenen Größe, seinem Ernst und seiner Weite, die durch die Gleichförmigkeit des Waldkleides geradezu noch gesteigert zu sein scheint, von dem bestrickenden Bann der Einsamkeit, der unser ganzes Gemüt in dieser Umgebung erfüllt!

2. Die offene Tropenlandschaft.

Wo in den Tropen der Regenfall nicht übers ganze Jahr verteilt ist, sondern sich eine langdauernde Trockenzeit einschaltet, da gedeihen immerfeuchte Tropenwälder nicht mehr, es sei denn in der Nähe von Flüssen oder sonstigen Wasseransammlungen, soweit das Grundwasser den Baumwurzeln stets die nötige Feuchtigkeit bieten kann. Wo das aber nicht mehr der Fall ist, da muß die Vegetation ihren Charakter ändern, um den veränderten Bedingungen zu genügen: die Pflanzenindividuen werden mit wenigen Ausnahmen kleiner, ihre Einrichtungen sind auf das Überstehen einer längeren Trockenzeit eingestellt (z. B. periodischer Blattfall, Reduktion der Blattflächen oder Herabsetzung der Verdunstung an den Blättern usw.); wo noch typische Wälder auftreten, stehen

die größeren Bäume in weiterem Abstande voneinander, trockenheitliebende Gewächse stellen sich in wachsender Zahl ein, Epiphyten und Lianen treten mehr zurück; stellenweise breitet sich dichter Buschwald aus oder niedrige Dornstrauchsteppe mit vereinzelten Sukkulenten; auf weiten Flächen aber herrschen hochwüchsige oder selbst niederwüchsige Grasfluren, von denen manche durch eingestreute Einzelbäume (z. B. Palmen, Pandaneen, Kiefern) und Baumgruppen parkartig wirken.

Die Verschiedenheiten in der Bodenbeschaffenheit wie in der Dauer der Trockenzeit bringen in Verbindung mit floristischen Differenzen in den einzelnen Erdgebieten eine außerordentliche Mannigfaltigkeit in der landschaftlichen Erscheinung der periodisch feuchten Tropengebiete hervor. In einem sind sie aber alle gleich: sie alle besitzen ein Doppelgesicht, eine Zeit üppigen Wachstums und frohen Blühens und Gedeihens und eine Zeit der Herabsetzung aller Lebensfunktionen, die sich bis zum Verdorren und Absterben der äußeren pflanzlichen Organe steigern kann. Im ersten Falle ist der Schutz, den die Vegetation ihrer Unterlage gewährt, sehr kräftig und nähert sich dem der immerfeuchten Tropengebiete, wie denn auch in dieser Zeit für Verwitterung und Abtragung ähnliche Bedingungen und Erscheinungen bestehen wie dort. In der Trockenzeit verschwindet aber der Schutz der Vegetation gegen Austrocknung, Insolation und Wind mehr oder weniger, und es werden nun die Bedingungen für mechanische Verwitterung günstig, womit auch die Abtragungs- und Aufschüttungsmassen ein anderes Gesicht gewinnen. Zugleich aber ändert sich natürlich auch die landschaftliche Erscheinung dieser Gebiete mit dem Wechsel der Regen- und Trockenzeit bedeutend.

Nähern wir uns einer Küste mit periodisch feuchten Wäldern in der Regenzeit, so ist aus der Ferne ihr Anblick nicht wesentlich verschieden von dem immerfeuchter Wälder, und auch wenn wir in ihrem Innern wandern, ist der Eindruck trotz recht verschiedener Zusammensetzung der floristischen Elemente, trotz starken Hervortretens von Sukkulenten und anderen Xerophyten, trotz reichlicher Überreste früheren Blattfalles nicht allzu andersartig, da der Abschluß gegen Licht und Wind und die Einengung des Gesichtsfeldes übereinstimmen. Aber wie so anders gestaltet sich's, wenn Trockenzeit herrscht, die Mehrzahl der Bäume sowie der Sträucher und Büsche des Unterholzes ihre Blätter verloren hat und Wind und

Sonne bis zum Boden dringen können, soweit nicht die gefallenen Blätter einen gewissen Schutz gewähren! Dann wird der Blick des Wanderers im Wald meist nur mehr durch kahle Äste und Zweige etwas gehemmt, zwischen denen hindurch sich die weitere Aussicht betrachten läßt, und von fern gesehen lassen die entlaubten Wälder bereits manche Einzelheiten der kleineren Geländeformen erkennen, wenngleich eine gewisse Verschleierung immerhin noch stattfindet.

Je kleiner aber die Holzgewächse werden, desto eher können wir schon aus der Entfernung die Geländeformen erkennen; bei niedrigen Strauchsteppen aber tritt die ganze Geländegestaltung schon von weitem völlig plastisch hervor, während sie andererseits bei niederem Wuchs der Pflanzen dem darin befindlichen Wanderer den Gesichtskreis nicht einengen. Anders freilich ist es bei hochwüchsigen Buschwaldungen, die selbst bei Blattfall den Rundblick für den Wanderer erheblich erschweren, bei voller Belaubung ihn aber gänzlich unmöglich machen. Auch in den lichten Waldungen, die aus immergrünen Bäumen (z. B. in Zentralamerika aus Eichen oder Kiefern) bestehen und meist nur wenig oder gar kein Unterholz enthalten, ist der Ausblick bei dichterer Zusammendrängung der Bäume zu jeder Jahreszeit dürftig, die Verschleierung des Geländes aus der Ferne noch bedeutend. Meist ist freilich die Bestockung solcher Wälder sehr dünn, so daß immer wieder größere oder kleinere Flächen sich einstellen, wo der Blick wenig oder gar nicht behindert ist. Am offensten ist die Rundsicht dagegen in der Grasflur, soweit sie nicht allzu hochwüchsig ist, denn hier hindert nichts mehr die Umschau. Auch von weitem gesehen, werden selbst in der Regenzeit alle irgend nennenswerten Falten und Erhebungen des Geländes schon aus der Ferne klar erkennbar. Naturgemäß ist der Schutz des Untergrundes gegen Sonnenbestrahlung und Windwirkung wie auch gegen oberflächliche Abspülung in solchen Grasfluren in der Regenzeit nicht bedeutend, aber in der Trockenzeit vollends geringfügig.

Wenn wir von irgend einer beherrschenden Höhe bei klarer Luft in einer solchen Landschaft einen Rundblick genießen, so fällt uns leicht trotz mannigfacher, zum Teil sogar sehr tiefgreifender Unterschiede eine gewisse Ähnlichkeit der landschaftlichen Erscheinung und der Formenausgestaltung mit unseren heimatlichen Gebieten auf. Das kann uns nicht so sehr verwundern, wenn wir bedenken, daß hier wie dort das Pflanzenleben während einer

längeren Zeitdauer fast völliger Ruhe verfällt, daß also die Trockenzeit hinsichtlich des Verhaltens gegen Verwitterung und Abtragung bis zu einem gewissen Grade unserem Winter entspricht, soweit derselbe noch keine Schneedecke und allgemeine Froststarre aufweist.

Verschwunden ist in der periodisch feuchten Tropenlandschaft die beherrschende Rolle der Vegetation, wie wir sie im feuchten Urwaldgebiet jahraus jahrein beobachten, verschwunden das stetige tiefe Grün allenthalben; vielmehr herrscht hier bereits — abgesehen von den immergrünen Wäldern — ein starker Formen- und Farbenwechsel mit dem Blattfall der Hoch- oder Niederwälder und dem Grünen und Verdorren der Grasfluren. Auch insofern nähert sich in vielen Fällen die periodisch feuchte Tropenlandschaft der humiden Landschaft der mittleren Breiten, als hier wie dort die menschliche Besiedelung und Kulturarbeit häufig einen wesentlich größeren Raum beansprucht als in den regenfeuchten Tropen, wo der Wald noch immer als ein schwer zu bezwingender Feind der menschlichen Kultur angesehen werden muß.

In der Tat, wenn wir von einem Aussichtspunkt aus die Landschaft betrachten, so fällt uns vielfach auf, wie zahlreich menschliche Städte, Dörfer und Einzelsiedelungen in dieselbe eingestreut sind, wie allenthalben Wege sie durchziehen und Felder, Baumpflanzungen, Viehweiden an die Stelle der Flächen mit natürlicher Vegetation getreten sind. All das bietet eine Summe von Abwechslung, die bei geeigneter Gruppierung von vorteilhaftester Wirkung für das Landschaftsbild werden kann, wobei freilich von Erdteil zu Erdteil, von einem Kultur- und Völkergebiet zum andern sehr große Unterschiede sich einstellen. Gerade so wie in den einzelnen Erdgebieten oft schon aus pflanzengeographischen Gründen trotz eines gleichartigen Habitus der Pflanzenwelt mancherlei markante Unterschiede sich ins Landschaftsbild einschleichen können, so geschieht es auch nach der Art der angebauten Kulturpflanzen: ob Tee, Kaffee, Kautschukbäume oder Kokospalmen, ob Mais, Reis, Hirse oder Taro angepflanzt sind, bedeutet vermöge der landschaftlich recht verschiedenen Erscheinung der Pflanzungen immerhin nicht wenig für unser Bild, und ebenso ist es mit der Bauart der Wohnhäuser: ob dieselben rechteckigen, ovalen, runden Grundriß haben, ob Giebel- und Walmdächer, Kegel- oder Bienenkorbdächer vorwiegen oder ein flacher Abschluß gebräuchlich ist, ist für das Landschaftsbild von großer

Wichtigkeit und ebenso die Art der Siedelungen und der Kultusgebäude: wie sehr vermißt z. B. unser Auge in indischen oder javanischen Kulturlandschaften die uns so sehr gewohnten Kirchenbauten, die uns dagegen wieder in den Indianergebieten Mittel- und Südamerikas so heimatlich-vertraut anmuten! Aber selbst in den Landschaften der periodisch feuchten Tropen, die einer nennenswerten Beteiligung des Kulturelementes entbehren, tritt uns, wie schon erwähnt, leicht manche Ähnlichkeit in der Erscheinung weniger der Vegetationsformationen als der Oberflächenformen entgegen. Deutlich erkennen wir hier schon die Hauptzüge der morphologischen Gliederung der Erhebungen: die Kammlinien zeigen meist energisch auf- und absteigenden Verlauf, Querkämme, in weit vorgeschobenen Vorbergen endigend, zweigen von dem meist rückenförmigen Hauptkamm ab, und auch die Vorberge selbst sind durch Vorsprünge, Rippen, Seitenkämme kräftig gegliedert. Deutlich erkennen wir selbst auf große Entfernung hin die Gestalt und die Verzweigungen der Täler; größere Tal- oder Küstenebenen schalten sich in das Bild ein und erhöhen durch ihre starke Betonung der Horizontalen den Reiz der Gebirgslandschaft ringsum. Ein genauerer Blick auf den Formengehalt und die Taldichte der einzelnen Gebirgsabschnitte zeigt uns auch bald, daß hier, wo die mechanische Verwitterung wieder den Ausschlag gibt, eine weit größere Individualisierung nach der Art des Gesteins stattfindet als im immerfeuchten Nachbargebiet, daß die physiognomische Erscheinung je nach Gesteinsart rasch und deutlich wechselt und der geologische Bau, ähnlich wie bei uns, sich in der Landschaft zum Teil schon recht deutlich ausspricht. Wohl ist mit Ausnahme großer Durchbruchstäler und vereinzelter Kalk- oder Sandsteinfelswände Anstehendes unmittelbar meist nicht zu sehen, dazu sind der Betrag der Verwitterung und die Dichte des Pflanzenkleides doch zu groß; aber es treten in vielen Fällen schon neben den gröberen, wenig gegliederten und wenig zertalten Kalkgebieten sehr deutlich die stärker gegliederten und reicher zertalten Gebiete eruptiver Gesteine und die ein Maximum von Gliederung aufweisenden Schiefer-, Ton- und Mergelberge scharf heraus. Wir gewinnen zwar in den Schichtenbau noch keinen unmittelbaren Einblick: allein der Wechsel wenig geneigter harter und weicher Schichten tritt doch in Form von deutlich ausgeprägten Landterrassen, Landstufen schon klar hervor, und im Grasland sind Gänge härterer

Eruptivgesteine oder größere Quarzadern oft so herauspräpariert, daß man sie schon aus der Ferne erkennt, während z. B. der Serpentin sich manchmal schon von weitem an dem roten Farbton seiner Verwitterungsrinde durch eine dürftige, verdorrte Vegetationsdecke hindurch erkennen läßt. Selbst die Rückwirkung des chemischen Bestandes der Verwitterungserde auf die Pflanzenwelt kann landschaftlich bedeutungsvoll werden und zur Fernerkennung bestimmter Formationen beitragen. So gedeihen im periodisch feuchten Gebiet Guatemalas (z. B. an der Südabdachung der Sierra de las Minas) auf Serpentin Eichen fast gar nicht mehr, während sie auf den Nachbarformationen neben Kiefern sehr gut fortkommen; infolgedessen kann man an dem Auftreten fast reiner Kieferbestände inmitten gemischter Eichen- und Kiefernhaine die Erstreckung dieser Formation auf Dutzende von Kilometern hin sicher feststellen.

Sehr auffällig ist in den periodisch feuchten Gebirgslandschaften die breite Rückenform vieler Hauptkämme, bei denen man manchmal im Zweifel sein kann, ob es nicht vielleicht Überreste einer älteren Einebnungsfläche sind, oder aber ob hier ein Einfluß des kräftigeren Höhenwaldes vorliegt, der sich entwickelt hat, weil die hochgelegenen Kämme von dem im Windschatten der Hauptgebirgsscheide fließenden Passatwinde noch ansehnliche Niederschläge beziehen. Letztere Deutung scheint die richtigere zu sein, da auch an Stellen, wo erstere sicher nicht zutrifft, die breite Rückenform ebenfalls auftreten kann. Aber daneben finden sich doch auch schon gratartige Hauptkämme mit kräftigerer Schartung und Gipfelindividualisierung. Und doch zeigt das Ganze selbst in Fällen, wo Höhen von 3000 m noch weit überschritten werden — die Waldgrenze reicht in den Tropen oft an 4000 m heran —, noch durchaus Mittelgebirgscharakter, wenngleich nicht mehr ganz in dem Maße wie regenfeuchte Tropengebirge ähnlicher Größenordnung, weil bei dem weiteren und klareren Blick, der im periodisch feuchten Gebiet gegeben ist, die wirklichen Größenverhältnisse viel mehr zur Geltung kommen als dort, wo das schätzende Auge meist vergeblich nach einem Vergleichsmaßstab sucht.

Die deutlichere Herausarbeitung der Formen im periodisch feuchten Tropengebiet bringt einen weit größeren Formenreiz in das Landschaftsbild, als es im Urwald der Fall ist, aber es erweckt

Periodisch feuchte Tropenlandschaft. Blick auf die Fazenda Gorduras der S. Joaõ d'El Rey Mining Co. (Villa Nova da Lima) in der Serra do Curral, südlich Bello Horizonte (Minas Geraes). Das Haus der Fazenda in etwa 800 m Höhe gelegen. Das Gebirge erreicht etwa 1000 bis 1200 m, es besteht aus stark eisenhaltigen Schiefern und wird von einem Quarzitband (der zackige Grat) durchsetzt. Das Haus der Fazenda liegt in einer Rodung (Roça) auf einer kleinen Anhöhe. Typischer Galeriewald in allen Tälern des Gebirges, dessen Höhen unbewaldet und von Grasfluren bedeckt sind. Aufnahme aus etwa 950 m Höhe unmittelbar über der Waldgrenze. Aufnahme von Prof. Dr. E. Bresslau.

Sserir, Kieswüste zwischen Uadi Rajân und Bahr el Uâh. Im Hintergrund sandüberwehte Wanne mit einzelnen Akazien.
Aufnahme von Prof. Dr. E. Stromer v. Reichenbach, Januar 1911.

auch, wenngleich oft mit Unrecht, den Eindruck einer viel stärkeren Abtragung, eines höheren Alters als in jenem Nachbargebiet, wo die tatsächliche oder aber auch nur die scheinbare Rundung der Formen bei bedeutenden Größenverhältnissen den Gedanken an eine schon weit vorgeschrittene Abtragung in vielen Fällen weniger leicht aufkommen läßt. Die Herausmodellierung der Formen weicht so sehr von der der Urwaldgebiete ab, daß es deutlich wird, daß hier andere Kräfte der Verwitterung und Abtragung am Werke sind als dort. Wohl herrscht auch hier während eines Teiles des Jahres chemische Verwitterung und starker Regenfall, aber die Produkte dieser Verwitterung krümeln ebenso wie die ausgetrockneten äußersten Partien erweichter Tone und Mergel bei Beginn der Trockenzeit und starker Insolation leicht ab, soweit sie nicht von der Vegetation festgehalten sind. Sie werden daher da, wo der Wind in stärkerem Maße Zutritt gewinnt, wie in niederwüchsigen Grasfluren (namentlich solchen, die zwischen den einzelnen Grasbüscheln kleine Streifen kahlen Bodens lassen), entweder zum Abrollen an den Hängen gebracht oder aber unmittelbar durch die Lüfte entführt. So kommt es, daß wir an Hängen mit dürftiger Vegetation meist eine sehr seichte Bodenkrume vorfinden, während in den Vertiefungen des Geländes oft mächtige Ansammlungen humosen schweren Tonbodens zu treffen sind. Diese weichen während der Regenzeit oft zu furchtbaren Sümpfen auf und weisen darum Standortsbedingungen auf, die nur besonders konstruierten Gewächsen noch ein Gedeihen ermöglichen. Die Eigenart der Vegetation macht daher schon von weitem derartige periodische Sumpfflächen kenntlich, die in der Trockenzeit von tiefen Trockenrissen durchzogen sind, wie die Jicarales von Zentralamerika.

Die fortgesetzte intensive Besonnung in Verbindung mit den während der Trockenzeit recht bedeutenden Temperaturschwankungen bewirkt nun eine recht ansehnliche mechanische Verwitterung, so daß die Berghänge, welche aus leicht zerfallenden Formationen (wie Glimmerschiefer, Gneis, Granit u. dgl.) aufgebaut sind, oft von losen Fragmenten der betreffenden Gesteine ganz bedeckt sind.

Nicht selten kann man beobachten, daß an steilen Bergen der Wind diese Fragmente der Schwerkraft überliefert, so daß sie — freilich meist nur Schritt für Schritt und Stufe um Stufe — den Hang hinabrieseln, hinabrollen und sich in etwas größerer

Zahl am Fuße desselben anhäufen. Die Hauptarbeit der Abtragung kommt aber dem spülenden Regenwasser zu, das im Beginn der Regenzeit verhältnismäßig sehr große Mengen losgelösten Gesteinsmaterials vorfindet und dank den starken Regenmengen der ersten Platzregen gleich in großen Massen talabwärts spülen und den Bächen und Flüssen zu weiterer Verfrachtung zuführen kann. Infolgedessen sind auch die Flüsse dieser Gebiete bei Beginn der Regenzeit geradezu überlastet nicht nur von feinen Sinkstoffen und Sanden (vorwiegend Rückständen chemischer Verwitterung), sondern auch von groben Produkten mechanischer Verwitterung, die als Kiesbänke langsam abwärts wandern und bei Niedrigwasser riesige Strecken an den Säumen der nun klein gewordenen Wasserrinnen bedecken können; bei reinen Urwaldflüssen ist dagegen die Geröllführung recht mäßig, aber Sand-, Schlamm- und Schlickführung sehr bedeutend. Ob in den immerfeuchten oder den periodisch feuchten Tropen das Maß der Abtragung absolut oder wenigstens mit Rücksicht auf die fallende Regenmenge größer ist, das ist eine Frage, die zurzeit noch nicht gelöst werden kann, da Messungen der Geröll- und Sinkstofführung an einwandfrei geeigneten Tropenflüssen bisher nicht in genügender Menge vorliegen. Für das Auge scheint jedenfalls die Abtragung in den periodisch feuchten Gebieten noch stärker zu sein, da die kräftige Einzelausmodellierung des Geländes die morphologischen Wirkungen der Abtragung auffälliger heraushebt und die dürftigere Vegetation deren wirklichen Betrag weniger verhüllt als im feuchten Waldgebiet. Das fällt uns am meisten auf, wenn wir in der offenen Tropenlandschaft einen Vulkan genauer betrachten und erkennen, daß seine Konturlinien noch unverfälscht die ursprüngliche Strukturform vor Augen führen, während die bei der dürftigen Pflanzendecke weithin leicht sichtbaren tiefen Radialfurchen uns den doch schon recht weit vorgeschrittenen Abtragungsprozeß sehr auffällig machen. Und wenn wir genauer hinsehen, so erkennen wir an dem Vulkan auch wohl noch deutlich einzelne Lavaströme, manche herausgewitterte Lavabänke und -gänge und gewinnen in dem durch einen Barranco (Schlucht) weit geöffneten Krater einen guten Einblick in den Aufbau der Gipfelregion des Berges. Es wird uns also auch an diesem jugendlichen Objekt schon der unmittelbare Einfluß des Baues auf die Erscheinung und Oberflächengestaltung dank der spärlichen

Vegetation deutlich, während ein gleich stark abgetragener und gleichartig gebauter Vulkan uns in feuchter Urwaldbedeckung nicht viel mehr als die Tatsache einer Öffnung des Kraters von weitem erkennen ließe.

Scharfe Zacken und Spitzen, jähe Felstürme und Basteien suchen wir aber in den Gipfelregionen unseres Vulkans meist ebenso vergeblich, wie in den benachbarten Faltengebirgen, obgleich ziemlich scharfe Grate auch in beiden Arten der Erhebungen vorkommen. So sehr wir uns durch den offeneren Landschaftscharakter und den besseren Einblick in den geologischen Bau, durch die schärfere Ausmodellierung und den größeren Formenreichtum des Geländes trotz stärkster Verschiedenheit der gesamten Lebewelt in den periodisch feuchten Tropen an die humiden Landschaften der mittleren Breiten erinnert fühlen, so fällt uns doch auf, daß trotz der sehr bedeutenden Höhen unserer Landschaft die jähen Formen unseres Hochgebirges fehlen. Wir dürfen annehmen, daß daran vor allem der viel höhere Verlauf der Vegetationsgrenze, sowie das Fehlen intensiver Frostverwitterung schuld seien.

In manchen Gegenden, so z. B. Afrikas, Indiens, bemerken wir freilich auch unvermittelt aus der Ebene aufsteigende sehr steile Felsberge, die man wegen ihres isolierten Vorkommens und ihrer eigenartigen Gestaltung als Inselberge bezeichnet hat. Das sind nun wahre Fremdlinge in dieser Landschaft, und es ist schwer, ihre Entstehung einwandfrei zu deuten. Es ist wohl möglich, daß Passarge recht hat, wenn er sie als Zeugen einer anderen klimatischen Gestaltung der Vorzeit, als Produkte eines Wüstenklimas auffaßt. —

Heiß brennt über uns die Sonne, deren Schatten scharf alle hoch aufragenden Objekte abzeichnen; trockene Luft umspült uns und ein leichter Wind läßt uns die große Hitze weniger empfinden. Ein prachtvolles weites Landschaftsbild mit regster Abwechslung der Formen, Farben und Eindrücke nimmt unser Auge wahr: wir sehen weite Ebenen mit reich bebauten Feldern und blühenden Siedelungen, mit großen Baumpflanzungen und weiß hinziehenden Wegen, ansehnliche blaue Seen mit vielgestaltigen Ufern, reich gegliederte Berg- und Stufenlandschaften, an deren Rand etliche von Radialfurchen durchzogene Vulkane sich erheben; gelbliche Farbentöne herrschen in den Grasfluren und Strauchsteppen, graubraune in den blattlosen Trockenwäldern, grüne in den

bewässerten Fluren zu unseren Füßen; weiße Wolkenballen ziehen am Himmel dahin: es ist ein großes und reiches Bild, in dem eigentlich nur manche Einzelheiten unserer unmittelbaren pflanzlichen Umgebung und die brütende Hitze, welche die Luft um uns her über der gelben Grasflur erzittern läßt, noch bedeutsamer aber der hohe Stand der Sonne uns daran erinnern, daß wir in den Tropen sind. Und wenn Ähnlichkeiten mit unseren Landschaften der gemäßigten Zone uns immer wieder auffallen, so ist die bedeutendste doch die allgemeine Übereinstimmung in der Herausbildung der Oberflächenformen neben verhältnismäßigem Zurücktreten der Vegetation. Die erstere Tatsache erklärt sich aus den ähnlichen morphologischen Einwirkungen oberflächlich fließenden Wassers bei mäßigem, zeitweise aussetzendem Vegetationsschutz. Das letztere Moment bedeutet gegenüber dem Landschaftsbild der immerfeuchten Tropen das hauptsächlichste Unterscheidungsmerkmal. Es bedingt in letzter Linie den hohen Reichtum an Formen und Farben dieser Landschaft, der ihr wohl im allgemeinen ein absolutes Übergewicht über die tropische Urwaldgegend verleiht, ihr aber andererseits auch nicht so viel Eigenart und geheimnisvollen Reiz zugesteht als jener: es ist eben eine offene Landschaft, während jene eine durch den Schleier einer alles überdeckenden Vegetation verhüllte, verschlossene Landschaft darstellt.

3. Tropische und subtropische Wüsten- und Halbwüstenlandschaft.

Haben wir schon in der offenen Tropenlandschaft, d. h. Tropengebieten mit längerer scharf ausgeprägter Trockenzeit, eine wahre Stufenleiter nachlassender Vegetationsbedeckung und damit wachsender Bedeutung physikalischer Verwitterung von den regengrünen und immergrünen Hochwäldern an bis zu den niederwüchsigen Strauchsteppen und Grasfluren kennen gelernt, so treffen wir über diese Grenzen hinausgehend in Gebieten mit sehr kurzen Regenzeiten oder aber mit nur unregelmäßig auftretenden, manchmal jahrelang ganz aussetzenden Niederschlägen einen noch viel bedeutenderen Nachlaß der Vegetationsbedeckung, womit eine gewaltige Änderung in den Verwitterungs- und Abtragungsverhältnissen, wie auch in der landschaftlichen Erscheinung bis zu den extremsten Wüstentypen hin sich einstellt.

Wenn wir in den Übergangsgebieten, den Halbwüsten, meist noch eine verhältnismäßig ansehnliche Pflanzendecke vorfinden, so zeigt sie doch den Savannen gegenüber insofern bedeutsame Unterschiede, als zwischen den einzelnen Vegetationsbüscheln und -inselchen bereits größere Flächen kahlen Bodens auftreten und demgemäß Insolation und Wind neben dem — zwar seltenen, aber dann manchmal sehr heftigen — Regenfall eine sehr bedeutende Rolle gewinnen. Hier tritt schon der Fall ein, daß die oben erwähnte Verwitterung von innen heraus durch den Wind und die sehr hohe Lufttrockenheit eingeleitet wird, und daß infolge der Einwirkungen der letztgenannten Faktoren auch Salze und andere Ausblühungen auftreten können; diese aber wirken ihrerseits wieder auf den Charakter der Vegetation zurück, da nur besonders angepaßte Pflanzen auf solcher Unterlage gut fortkommen, also auch reichlicher sich einstellen.

Die Vegetation übt trotz ihrer geringen Flächenausdehnung noch einen nicht unbedeutenden Schutz aus; ihm aber gesellt sich oft noch ein weiteres Schutzelement zu in Form verkittender Effloreszenzen, namentlich Kalkkrusten, die wegen ihrer Wasserundurchlässigkeit zwar die Entstehung kräftig wirkender Flächenspülung (Schichtfluten) begünstigen, aber andererseits die Windwirkung herabsetzen. Darum wird hier, wie Passarge zuerst hervorgehoben hat, reichliches Auftreten von Huftieren morphologisch wichtig, da sie die Kalkkrusten und die Rinde der Steppensande zermalmen und damit dem Wind die Möglichkeit zur Entfernung des feinen Staubes schaffen, unter Umständen selbst Pfannen aushöhlen.

Wenngleich hier die Tätigkeit des Windes noch nicht ihr Optimum findet, so trägt sie doch schon viel zur Abtragung und Aufschüttung bei; Flächenspülung und Wassererosion wirken daneben, und alle Kräfte zusammen führen zur Herausbildung von Landschaften, deren Höhen durch Kerbtäler kräftig zerschnitten sind. Die Eigenheiten des geologischen Baues treten schon sehr deutlich hervor, mächtige Schuttböschungen ziehen sich am Fuße der Gebirge hin, in den Vertiefungen des Geländes aber dehnen sich Schuttflächen und Salztonebenen, Sandfelder und steinige Hamâdaflächen aus, indes da und dort unvermittelt noch steile Inselberge hervorragen. Die Vegetation tritt in diesen Landschaften meist schon so sehr zurück, daß sie eine nennenswerte

Verhüllung der Formen nicht mehr auszuüben vermag. Ihr tatsächlicher Einfluß auf die Abtragung und damit auch auf die Formenentwickelung übertrifft hier bereits ihre optische Bedeutung als Hüllmittel im Landschaftsbild.

Aber in der eigentlichen Wüste tritt sie doch in jeder Hinsicht noch weit mehr zurück. Oft vermißt das Auge auf weite Strecken den freundlichen Anblick vegetativen Lebens ganz, und selbst da, wo es tatsächlich in nicht unbeträchtlichem Ausmaß vorhanden ist, wo z. B. weite Strecken mit isolierten Einzelpflanzen geradezu übersprenkelt sind, tritt sie landschaftlich nicht mehr kräftig hervor, weil häufig die oberirdischen Organe geringfügig sind und auch durch ihre Eigenfarbe wenig auffallen; dagegen reichen ihre unterirdischen Organe oft außerordentlich weit in die Tiefe und können unter Umständen eine kräftige Schutzwirkung gegen Abtragung durch Wind ausüben. In anderen Fällen sind die oberirdischen Organe geradezu geeignet, Sand und sonstige mineralische Flugbestandteile zu sammeln und festzuhalten u. dgl. m. Flächenhafte Vegetationsdecken fehlen in der typischen Wüste völlig, und wenn in ihr die Pflanzenwelt landschaftlich eine Rolle spielt, so geschieht es vielfach durch das Auftreten etlicher auffälliger Gewächse, die dann zu einer charakteristischen Staffage werden können, wie gewisse Kakteen Amerikas oder die Welwitschia Südafrikas. Weit stärkere landschaftliche Wirkungen üben aber vereinzelte Oasen aus, die als Inseln intensiven Pflanzenlebens und Stätten menschlicher Siedelungen dem Auge und dem Gemüt des Beschauers gleich bedeutsame Anziehungspunkte bieten. Im allgemeinen verhüllt die Wüstenvegetation, sofern es sich um echte Wüsten und nicht, wie in vielen australischen Gebieten, um mit Scrub (Busch- oder Starrgrasformationen) bedeckte, allerdings wirtschaftlich völlig wertlose Flächen handelt, den Untergrund nicht mehr wesentlich, so daß der geologische Bau in schönster Klarheit sichtbar werden kann, wo er nicht durch geologische Deckgebilde verhüllt oder auch durch intensive Schutzrindenbildung etwas verschleiert ist. Andererseits wirft die Vegetation außerhalb der Oasen aber auch meist keinen nennenswerten Schatten, schützt also nicht gegen Insolation. Außerdem vermag sie den Wind nicht durch die an ihr erfolgende Reibung irgend nennenswert abzuschwächen, so daß wir also in den Wüsten die Gegenden vollständigster Insolation und Windwirkung haben, die es auf dem festen Lande gibt.

Sonne und Wind sind auch tatsächlich diejenigen Naturfaktoren, die der Wüstenlandschaft der frostfreien oder frostarmen Regionen unmittelbar und mittelbar vermöge ihrer morphologischen Wirkungen ihr Hauptgepräge verleihen; sie arbeiten aus einem gegebenen geologischen Strukturgebilde besondere Züge heraus, breiten aber zugleich auch den inneren Bau desselben oft in wunderbarster Weise klar vor den Augen der Beobachter aus.

Nehmen wir an, wir hätten in einer solchen Wüstenlandschaft einen beherrschenden Punkt schon früh am Tage erreicht. Höher und höher steigt die Sonne am wolkenlosen Himmel empor; rasch verscheucht sie die Kühle der Nacht und verbreitet beträchtliche Hitze über die Landschaft. Schon beginnen die Felsen unserer Umgebung wärmer zu werden, und wir wissen, daß sie sich im Laufe des Tages unerträglich erhitzen werden, um nachts wieder eine bedeutende Abkühlung zu erfahren. Da aber diese Abkühlung ganz allmählich erfolgt, so werden wir wohl der neueren Ansicht Walthers zuneigen, daß sie nicht genügen dürfte, mächtige Felsblöcke und grobe Kiesel durch Kernsprünge zu sprengen; wohl aber müssen wir annehmen, daß die tägliche starke Ausdehnung des oberflächlichen Gesteins bald zu Spannungen führen muß, die in einem Absplittern und Abblättern der äußeren Lagen sich äußert, während andererseits das Auskristallisieren von Salzlösungen, die durch Verdunstungswirkung von innen nach außen wandern, Splitterchen des Gesteins abspalten.

Noch ist das Luftmeer ruhig, und klar liegt die ganze Landschaft zu unseren Füßen. Mit einem Blick erkennen wir, daß, so weit nur immer unser Auge reicht, ein Gebiet ausgesprochener Flachschichtung sich um uns ausbreitet. Deutlich lassen sich an den Berghängen die dicken und dünneren Gesteinsbänke in fast horizontaler Lagerung verfolgen; dank den scharfen Schatten, die die Sonne wirft, heben sich die leistenartig hervortretenden härteren Bänke ungemein scharf heraus, und deutlich lassen sich selbst auf große Entfernungen hin an manchen Steilhängen kleine Verwerfungen an dem plötzlichen Absetzen einzelner derartiger Leisten und deren Weiterverlauf in tieferer Höhenlage erkennen. Da zudem in dieser Gegend keine vorherrschende Schutzrinde alles gleich färbt, so heben sich neben den Härteunterschieden auch mannigfache Farben deutlich heraus: hellere und dunklere Töne von Gelb, Rot, Grün, Schwarz, die dem vorherrschenden

Gelbbraun der Wüstenlandschaft neue Farben und reiche Abwechslung geben. In kräftigem Gegensatz zu diesen von den geologischen Landschaftselementen ausgehenden Farben steht das tiefe Blau des Himmelsgewölbes, das sich über dies große Bild spannt. Pflanzen sehen wir von unserem Standpunkt aus nicht, und auch Tiere können wir nicht erkennen; sofern solche nicht in ihre Höhlen verkrochen sind, sondern in unserer Sichtweite sich befinden sollten, haben sie sich uns durch ihre Schutzfärbung und völlige Ruhe unsichtbar gemacht.

Trotz des völligen Zurücktretens jeglicher biologischer Landschaftselemente ist die Landschaft doch von großer Wirkung, denn zu dem Farbenreichtum kommt ein bedeutender Formenreichtum hinzu. Schon in unserer unmittelbaren Umgebung fallen uns einzelne abenteuerliche wilde Felsgestalten auf, die teils aus spitzen, schroff aufragenden Zacken und Türmen bestehen, teils aus breit ausladenden Formen, die nur noch durch einen dünnen Stil mit ihrer Unterlage zusammenhängen. An all diesen Formen hebt sich aber als ein sekundäres Gliederungselement die Schichtung deutlich heraus, insofern einzelne Schichten vorkragen, andere mehr zurücktreten; zudem treten an einigen Wänden steingitter- und bienenwabenartige Eintiefungsfiguren, auch wohl größere Höhlen auf, indes andere frei davon sind.

Während uns im Hintergrund sanft aufsteigende kuppenförmige Hügel den weiteren Ausblick abschneiden, schweift das Auge nach allen anderen Seiten frei in ungeheure Fernen. Wir stehen auf der Höhe eines riesigen Steilhangs, am Abbruch des Plateaus nach einer gewaltigen Geländevertiefung, die in großer Breite sich dahin erstreckt und erst am fernen gegenüberliegenden Horizont wieder vorgeschobene Tafelberge und dahinter ein zusammenhängendes weites Plateau erkennen läßt, das trotz der großen Entfernung vermöge seiner Oberflächengestaltung deutlich die Flachschichtung zeigt und vielleicht als eine Fortsetzung unseres Plateaus betrachtet werden dürfte. Unmittelbar vor uns senkt sich das Gelände rasch in einzelnen jähen Stufen in ansehnliche Tiefe hinab, bis ein weit vorragender Terrassenrand uns jeden weiteren Ausblick verdeckt und erst in großer Tiefe unser Auge auf dünenbewegten Sandflächen wieder einen Ruhepunkt findet.

Wenn uns auch so unmittelbar vorne ein Einblick in die Beschaffenheit des Steilabsturzes versagt wird, so gewährt uns

denselben dagegen der seitliche Anblick des Plateauabfalls. Wir sehen, daß derselbe zwar im großen ganzen geradlinig verläuft, daß er aber im einzelnen eine Reihe von Einbuchtungen und Vorsprüngen zeigt, die uns willkommene Gelegenheit geben, den Bau des Ganzen etwas genauer zu studieren, während sie andererseits einen ungewöhnlichen Formenreichtum in die Landschaft hineintragen und sie ungemein beleben: Deutlich zeigt sich hier allenthalben der flachgeschichtete Aufbau mit seinem Wechsel von härteren und weicheren Schichten, der sich am Steilabfall durch geringes Vorkragen der härteren Lagen bekundet, aber nach oben hin ausgeprägte Terrassen und Stufen schafft. Die horizontalen Flächen zeigen die Stellen an, wo weiche Gesteinsmassen weggeführt worden sind, die steilen Abfälle aber den Ausstrich harter Bänke, die größeren Widerstand leisten und am Grund der weichen Schichten auch jeweils die weitere Abtragung aufhalten; an den oft schmalen Vorsprüngen des Hauptabfalls, die sich zwischen den Einbuchtungen desselben hinziehen, spricht sich zuweilen eine ungemein reiche vertikale Gliederung auf Grund derselben Vorgänge aus, indem kürzere tischförmige Flächen nach manchen Eintiefungen dieser Kammlinien in der Höhe harter Schichten sich einstellen und auf diesen Erhebungen wieder nicht selten kleinere Aufsätze bastionen- oder turmartig aufsitzen, die bis zur nächsthöheren harten Schicht reichen. Auf ihrer schmalen Oberfläche aber ragen oft wieder kleine Zacken oder Türmchen auf, so daß eine ungemein reizvolle und reiche Gliederung herauskommt. Die uns zunächst liegende Einbuchtung des Hangs aber läuft in ein einfaches, tief eingeschnittenes sackähnliches Tal mit jähem zirkusartigen Talschluß aus und zeigt uns, wie die Plateauplatte hinter uns durch seitlichen Eingriff zerschnitten zu werden beginnt. Am Hauptabfall leiten jedoch steile Schuttböschungen zu neuen Absätzen hinüber, bis schließlich ziemlich unvermittelt der Grund der tiefgelegenen Ebene erreicht ist, deren Oberfläche zum Teil lange Reihen mächtiger Dünenzüge mit ihren unruhigen Gestalten überdecken, während andere sehr ausgedehnte Flächen vollständig kahl und tischeben unter uns liegen: eine typische Hamâda, eine Felswüste, gleich derjenigen, welche das Hochplateau hinter uns darstellt (nur noch pflanzenärmer als dieses, das bei seiner bedeutenden Erhebung etwas häufiger vom Regen benetzt wird). Stellenweise freilich ragen

auch jählings hohe Inselberge aus dieser Ebene empor, und deutlich erkennen wir auch an ihnen den Bau der allgemeinen Flachschichtung und schließen daraus, daß diese kühn aufstrebenden, bizarren Gebilde, die manchmal fast zur Obeliskenform zusammenschrumpfen können, zuweilen aber auch gewaltige breite und vielgestaltige Erhebungen von derselben Höhe, in der wir uns befinden, darstellen, Zeugen einer ehemaligen größeren Ausbreitung der Plateaufläche sind. Nur eine der großen isolierten Erhebungen der gewaltigen Ebene unter uns will sich diesem Typus nicht einpassen, denn es ist zwar ebenfalls ein ungemein steiler, rundlicher Bergkopf, aber er zeigt keine Spur der sonst hier allgemein vorhandenen Flachschichtung, scheint vielmehr ein durchgreifendes Gefüge zu haben; außerdem fallen uns schon aus weiter Entfernung schmale, unregelmäßig hohe Erhebungen auf, die sich radial auf große Strecken hin von dem zentralen Bergkopf aus verfolgen lassen: Wir haben es hier offenbar mit den Überresten eines Vulkans zu tun, dessen Schlot- und Gangausfüllungen wegen ihrer größeren Widerstandskraft zum Teil erhalten blieben und aus ihrer weicheren Umgebung herauspräpariert worden sind.

In weiter Entfernung aber erblicken wir spitze Nadeln, Zacken und Türme und steile Dome, die ganz isoliert aus einem Meer von Sand mit ungeheuer schroffen Wänden aufragen; fast erinnern uns diese Formen an die unserer Dolomiten, die sie freilich an Kühnheit der Gipfelformen noch übertreffen. Wenn wir einen Kenner der Geologie des Gebietes fragen, so hören wir zu unserem Erstaunen, daß diese Spitzen von einem Gestein gebildet sind, das in unserer Heimat Neigung zu breitgerundeten Gipfeln und zu wollsackartigem Gesteinszerfall zeigt: Granit!

Soweit keine geologischen Deckgebilde das Anstehende verhüllen, können wir von unserem Standpunkte aus mit einem Blick auf riesige Entfernung hin nicht bloß die allgemeinen Züge, sondern selbst manche Einzelheiten des geologischen Baues erkennen, die in einer Landschaft mit vorherrschender chemischer Verwitterung und starker Vegetationsdecke nur in langwierigem Einzelstudium allmählich aufgeklärt werden könnten. Die vielfach sehr schroffen Formen der Oberflächengebilde stehen in kräftigem Gegensatz zu den vorwiegend gerundeten Formen der feuchten Tropengebiete, während die Gebilde der offenen Tropenlandschaften in dieser Hinsicht eine Mittelstellung einnehmen.

Fragen wir uns aber, wie die Herausbildung einer so sorgfältig modellierten und übersichtlichen Landschaft zustande gekommen sein dürfte, so müssen wir neben dem Mangel einer nennenswerten Vegetation und dem Wirken der unmittelbaren Besonnung und der dadurch ermöglichten Temperaturschwankungen vor allem den Wind namhaft machen. Daß derselbe einen bedeutsamen mechanischen Effekt ausüben können muß, zeigt uns ja die eben kräftiger einsetzende Luftbewegung unmittelbar, denn deutlich sehen wir in unserer Umgebung, wie kleine Gesteinssplitter durch ihn ins Abwärtsrieseln geraten; stärkere Windstöße aber schleudern uns solche sogar mit ziemlich merkbarer Intensität ins Gesicht. Angesichts dieser Tatsache dürfen wir wohl schließen, daß bei schweren Stürmen Sand, ja sogar ziemlich grobe Gesteinsstücke noch in geringer Höhe dahingeschleudert, Staub aber selbst in sehr großer Höhe noch mitgeführt werden kann. Die mechanische Wirkung des von den kleinen Projektilen ausgeübten Bombardements muß in den tiefen Lagen zu einer raschen Abnutzung und Abtragung der weicheren Gesteinsmassen führen, während die härteren naturgemäß einen stärkeren Widerstand leisten und demgemäß auch länger erhalten bleiben. In großer Höhe aber, wo nur noch Staub, also Körperchen von minimaler Masse, vom Wind mitgeführt werden, ist die aktive Angriffsgewalt sehr gering; indem aber der Wind die durch physikalische Verwitterung gelockerten Gesteinsstückchen entführt, wird schließlich derselbe Endeffekt erzielt. Andererseits aber haftet der gelbe Staub auch oft an rauhen Flächen der Felsen und überzieht sie mit einer zarten gelben Lehmschicht, welche die ursprüngliche Gesteinsfarbe modifiziert oder selbst überdeckt. Der Prozeß des Herauspräparierens widerstandsfähigerer Gesteine, den wir im feuchten Klima durch das spülende und fließende Wasser besorgt sehen, wird also hier vom Wind ausgeführt, und wenn auch das anders geartete Mittel etwas andere morphologische Wirkungen erzielt, so ist doch offenbar, daß in beiden Fällen auf verschiedenem Wege und damit über verschiedene Formenreihen hinweg das gleiche Endziel, nämlich schließlich eine fast vollständige Einebnung des Geländes, eine fast völlige Abtragung der Erhebungen, erreicht wird.

Ein Blick auf die erhabene Größe der unserem Auge zugänglichen Erhebungen zeigt uns, wie ungeheuer weit der Weg zu dem

genannten Endziel noch sein muß. Aber wie wir an unserem Standpunkt schon die beginnende Wirksamkeit des Windes verspüren, so sehen wir dieselbe in der Tiefe landschaftlich ausgeprägt: die allgemeine Ruhe der Atmosphäre, die nur selten durch kleine, lokale Sandhosen erzeugende Luftwirbel gestört worden war, schwindet; die scharfen Linien der Hunderte von Metern unter uns liegenden Oberflächengebilde beginnen allmählich zu verschwimmen; höher und höher steigt die durch Sandtreiben geschaffene Trübung der Luft[1]), während wir selbst uns vor der Gewalt des Sturmes in eine geschützte Höhle zurückziehen müssen; zuletzt erreicht auch uns die Trübung der Luft durch massenhaften Staub und feinsten Flugsand; bald wälzen sich riesige Staubwolken in gewaltiger breiter Front und bedeutender Höhe von fernher unter furchtbaren Windstößen gegen uns heran. Grün werden ihre dunklen Ränder, wo sie sich der Sonne nähern, und bald ist das Tagesgestirn von der ungeheuren Staubwolke verfinstert, zur matten Scheibe abgeblendet, während unter uns tiefste Finsternis zu herrschen scheint. Wie furchtbar muß das Wüten des heißen Sturmes unten im treibenden Sandmeer sein! Wie müssen die von den Winden geschleuderten Gesteinsstücke den groben Schutt am Fuße der Steilwände bearbeiten und zerkleinern, bis schließlich neue Windstürme sie zu entführen vermögen; wie muß das Sandgebläse an den unteren Steil-

[1]) Wie das in einer Dünenlandschaft vor sich geht, und wie diese selbst aussieht, schildert J. Walther sehr anschaulich (a. a O., S. 264 f.): „Wie die Wogen eines aufgeregten Meeres türmen sich die Sandberge 15 bis 25 m hoch über die sandige Wüstenfläche empor. Vereinzelte Grasbüsche, graugrüne Tamarisken und dornige Akazien sind zwischen und auf den Sandhügeln verstreut. Aber so weit das Auge reicht, erblickt es nichts als gelben Sand, nichts als halbmondförmige Sicheldünen und zwischen denselben tiefe Sandmulden. Ein kräftiger Wind erhebt sich, und die Dünenkämme geraten in Bewegung. Auf der dem Winde zugekehrten, sanft ansteigenden Luvseite rollen die Sandkörner bergan, die ganze Fläche des breiten Dünenrückens scheint zu leben, überall kriechen und tanzen die Sandkörner in lustigem Spiel dahin. Und so gelangen sie endlich auf den Dünenkamm, der scharf wie ein Messerrücken den flach gerundeten Dünendom von der steil abfallenden Stirn des Sandberges trennt. Der Kamm scheint zu dampfen, so wirbelt der Wind die Sandkörner über ihn hinaus, doch rasch sinken sie hinab und bilden die steile Böschung der halbmondförmig gebogenen Mulde, in der sich der Sandhügel verliert."

abfällen arbeiten, und wie muß der Sturm an den hochgelegenen Aufschlüssen weicher Gesteine rütteln und, neue Gesteinspartikeln entführend, die Masse der windgetragenen Materialien noch vermehren! Wo aber der Sand und Staub sich zur Erde senken, da hebt sie bald ein neuer Windstoß zu neuer Wanderung empor, weithin in ungemessene Fernen, bis der Sturm seine Kraft verliert oder eine dicht gedrängte Vegetation ihm vermöge ihrer Reibung lokal seine Tragkraft raubt, oder die Gewässer von Seen und Meeren die hineinfallenden Staub- und Sandmassen endgültig aufnehmen und auf ihrem Grunde zum Absatz bringen.

Wenn wir uns angesichts eines solchen Sturmes die Tatsache vor Augen führen, daß im März 1901 selbst noch in Mitteleuropa Hunderttausende von Tonnen Flugsand und Staub der nördlichen Sahara niedergefallen sind, so bekommen wir einen klaren Begriff von der großen Fernwirkung dieser Wüstenstürme, deren örtliche Riesengewalt wir mit Bewunderung und Schrecken unmittelbar beobachten. Wer einmal einen Wüstensturm miterlebt hat, der begreift es klar, daß die von uns gesehene Landschaft in ihren Hauptzügen vom Winde ausmodelliert worden sein kann, und wenn wir uns vergegenwärtigen, daß dem Winde auf den Flächen seiner intensivsten Wirksamkeit nicht, wie seinen gewaltigen Nebenbuhlern, dem fließenden Wasser und Eise, ein unteres Denudationsniveau vorgeschrieben ist, so wird uns seine ungeheure, nicht einmal an feste Tiefengrenzen gebundene Kraft erst recht deutlich. Und doch, wenn wir sehen, daß selbst heftige Stürme ohne Trübung der Luft über weite Hamâda- oder Kieswüstenflächen oder auch über feuchte Ebenen dahinfegen können, so beginnen wir zu verstehen, daß harte Gesteinsbänke, geröllgepanzerte Flächen oder wasserführende Gesteinshorizonte (z. B. Sandsteine) wenigstens örtlich der Arbeit des Windes für lange Zeit Halt gebieten können.

Aber das prüfende Auge des Forschers bemerkt in der Wüste auch manche Oberflächenform, die nicht durch das Walten des Windes erklärt werden kann, sondern doch wohl auf Rechnung des fließenden Wassers gesetzt werden muß. Dazu gehören z. B. Systeme verzweigter Täler, deren Grund nicht selten selbst deutliche Gerölle zeigt und die man daher als Zeugen eines früher feuchteren Klimas mit fließenden Gewässern aufgefaßt hat. So sicher diese Annahme für manche Gegenden zutreffen wird, so

ist doch anderwärts der Beweis dafür schwer zu erbringen, und manche talartige Bildungen dürften durch die Wirkungen des Abflusses der gelegentlichen Platzregen in der Wüste hinreichend zu erklären sein. Denn auch jetzt fehlt der Regen in den Wüsten ja nicht ganz, vielmehr fallen, soweit bekannt, in allen Wüsten gelegentlich, wenngleich oft erst nach jahrelangen Pausen, Niederschläge, und zwar dann meist mit großen Wassermassen als wahre Platzregen. Die plötzliche Abkühlung der stark erhitzten Felsblöcke und Gerölle durch den fallenden Regen mag dann in vielen Fällen zum Zerspringen derselben oder auch zum Abblättern äußerer Lagen führen und damit den Anfang zu weiterer, noch gründlicherer Zerkleinerung machen.

Aber viel größer sind noch die Transportwirkungen solcher Wasserfluten! J. Walther sagt (Gesetz der Wüstenbildung, 2. Aufl., S. 34): „Da wälzen sich riesige Wassermassen brausend durch die Schluchten, und ein Meer ergießt sich über die vorgelagerte Ebene. Das scheinbar Unmögliche wird Wirklichkeit, riesengroße Felsenquadern beginnen sich zu bewegen, kiesüberdeckte Flächen geraten in Fluß, gelber Sandbrei fließt vom Rande des Dünengebiets herab und breitet sich in langen Zungen wie ein weicher Kuchenteig über die Ebene. Staublagen und Tonflächen werden erweicht und fließen nach den Niederungen, und im Nu sind die Salzmassen gelöst und abgeleckt, die, durch jahrelange Trockenheit geschützt, überall den Boden überzogen. Wie eine Sintflut wälzt sich die zähflüssige unheimliche Masse weiter, und uralte Vorstellungen von geologischen Katastrophen werden bei einem Wolkenbruch in der Wüste verwirklicht.“

„Aber jeder Block und jedes Sandkorn, die das Wasser vom Boden aufnimmt, bedeutet einen Kraftverlust, und jeder Quadratmeter des ausgetrockneten Wüstenbodens, über den das schlammige Wasser schreitet, einen Wasserverlust. So setzt der Wolkenbruch zwar mit ungewohnter Kraft ein, aber immer langsamer wälzt sich die Flut, immer zäher wird der Steinbrei, und wie ein erstarrender Lavastrom oder wie ein abschmelzender Gletscher bleibt der zähe Schlammbrei endlich stehen, und die Sonnenstrahlen vollenden seine Austrocknung. Der vom Ssel aus den Bergen herausgetragene Schutt erfüllt jetzt die Talschlucht und liegt als weitausgedehntes Trockendelta vor der Mündung des Uadi.“

Diese Absätze enthalten unsortierte Massen von Blöcken, kleineren Steinen und Sand, so daß ältere Forscher sie für Moränen ansehen wollten.

Wir fragen uns aber: wie ist es möglich, daß in den Wüsten so gewaltige Ströme sich bilden können?

Freilich, mäßige Regenfälle können sie nicht schaffen, denn wo äolische Deckgebilde (Sande, Kiese oder Gesteinssplitter) das Gelände bedecken, werden selbst große Wassermassen in kürzester Zeit aufgeschluckt; ansehnliche Mengen versickern auch in anstehenden Kalken oder Sandsteinen alsbald, und nur da, wo undurchlässige Gesteine anstehen oder feste Ausblühungskrusten wie eine Panzerung das darunter liegende Gestein verhüllen, kann auch bei mäßigen Regenfällen (wenigstens auf kürzere Strecken hin) sich etwas Abfluß einstellen. Nun treten aber aus noch nicht recht erklärten Ursachen von den sehr seltenen Niederschlägen der Wüste verhältnismäßig viele in Form gewaltiger, auf engen Raum konzentrierter Platzregen auf, deren Wassermassen so mächtig sind, daß auch das durchlässigste Gestein sie nicht aufzunehmen vermag, sondern die überwiegende Masse entweder in rasch sich bildenden unzähligen Rinnen oder — besonders bei Krustenpanzerung — in zusammenhängender Flut den Vertiefungen des Geländes zustrebt, wo die trüben Gewässer sich zu wilden Strömen oder ausgedehnten Überschwemmungsseen vereinigen, Menschen und Tiere mit dem Ertrinkungstode bedrohend. Ja die Plötzlichkeit der Platzregen bewirkt es, daß im Verhältnis zur Gesamtzahl der Bewohner in den Wüsten durchschnittlich mehr Menschen ertrinken als in den regenreichen Gebieten der Erde!

Der gesammelte Strom entwickelt nicht bloß gewaltige Transportleistungen, sondern benützt den mitgerissenen Schutt auch erfolgreich zur Erweiterung seines Bettes und kolkt an geeigneten Stellen ausgedehnte Löcher durch seine Blöcke aus. Stellenweise lösen die abfließenden Spülwasser sogar Karren heraus.

Bei ihrer ungeheuren Transport- und Erosionskraft vermögen die Wasserfluten tiefgreifende Wirkungen auf die Oberflächengestaltung der betreffenden Gebiete auszuüben, und nur die Seltenheit des Ereignisses in Verbindung mit der kurzen Dauer der Fluten ist schuld daran, daß sie dem Antlitz der Wüste nicht allgemein ihr Gepräge geben können. Aber bezeichnende Einzelzüge verleihen sie ihm doch, und zwar nicht nur in den Trocken-

tälern des Uadis, sondern vielfach auch in den ihnen vorgelagerten Ebenen. Denn wenn auch häufig die Schuttströme infolge Wasserverlustes schon in den Uadis zum Stehen kommen, so überschreiten doch andere auch den Ausgang der Täler und überschwemmen die davorliegenden Niederungen mit ihren trüben Wassermassen. Wenn dann die zeitlichen Seen verdunstet sind, so erinnern ebene Sand- oder Tonflächen („Trockenseen“ nach J. Walther) noch an die einstigen Wasserfluten, und in den Uadis spricht eine anfänglich ziemlich reiche, allmählich aber mehr und mehr verarmende Vegetation in landschaftlich wirksamer und auch wirtschaftlich — für die Nomadenbevölkerung der Wüste — bedeutsamer Weise noch jahrelang von der Tatsache, daß infolge lokaler Regengüsse in dieser Gegend Wasser die überall zerstreuten Pflanzensamen zur Entwickelung angeregt hatte.

Ausdauernde Seen (Quellseen und Endseen) fehlen freilich den Wüsten auch nicht; doch sind davon viele, besonders die Endseen, zeitlich und örtlich sehr wandelbar, indem ihre Wassermassen bald große Flächen einnehmen, bald aber einschrumpfen oder auch ganz verdunsten, wobei sie wohl auch Salzflächen oder Tonböden mit polygonalen Trockenrissen zurücklassen; manche Endseen ändern sogar unter dem Einfluß von Dünenwanderungen oder ihrer eigenen Absätze den Ort.

Wenn wir uns das alles vergegenwärtigen, so muß uns Bewohnern feuchter Erdzonen die Wüste als ein Gebiet fremdartigen Naturwirkens vorkommen, denn sie ist nicht nur der Hauptarbeitsort einer Naturkraft, die bei uns zu bescheidenster Wirksamkeit verurteilt ist, des Windes, sondern auch eine Stätte, wo das uns so wohlvertraute fließende Wasser in einer für uns ziemlich überraschenden Weise arbeitet. Und diese Fremdartigkeit prägt sich für uns auch im landschaftlichen Charakter aus: Das völlige Fehlen oder starke Zurücktreten der Vegetation und die dadurch bedingte klare Heraushebung des geologischen Baues in den nicht von Deckgebilden überzogenen Gebieten sind wohl die eindringlichsten Momente der Fremdartigkeit, die uns entgegentreten. Und ein weiterer Zug des Fremdartigen ist für uns in den Oberflächenformen der Gipfelregionen gegeben, die etwas Schroffes, Unausgeglichenes, oft Wildes haben, für das unsere Gebiete höchstens im Hochgebirge etwas Ähnliches aufweisen können — ganz natürlich, denn auch unsere Hochgebirge sind ja, pflanzengeographisch

Blick vom Gebel Hammad im Kessel von Baharije (Ägypten) nach Norden. Vordergrund Hammada, unten vorn nackte Sandsteinhügel, dahinter — hell — Sandüberwehung mit schutterer Vegetation (Halbwüste); die vier dunklen Flecken sind Oaseninseln von Dattelpalmen (Oasengruppe Baniti-el Qaso); Hintergrund: Kesselrand mit Zeugen davor (Plateauwüste).
Aufnahme von Prof. Dr. E. Stromer v. Reichenbach, 1911.

Mittelmeerische Kalkgebirgslandschaft. Gipfel des Berges Christós im östlichen Bergland von Kos mit Monastir Christos ho Díkeos. Marmorkalke paläozoischen Alters. Rechts Tonschieferberge mit Kreidekalkauflage. Hintergrund Alluvialebene der Nordküste. Aufnahme von Prof. Dr. F. Plieninger.

betrachtet, Wüsten, wenn auch Wüsten etwas anderer Art, insofern hier Insolation, Temperaturschwankungen und Wind wenig, Spaltenfrost aber um so mehr zur Herausbildung der Formen beitragen. Aber nicht minder fallen uns die Oberflächenformen der Hänge auf durch die außerordentliche Häufigkeit und Intensität von Unterhöhlungen und Eintiefungen an Einzelstellen oder längs ganzer Berghänge — Gebilde, wie sie in unseren Hochgebirgen nicht in gleichem Maße vorkommen, weil sie in der Wüste doch zum Teil eine Folge der Verwitterung von innen heraus sind, die dem Hochgebirge unserer Breiten fehlt.

Aber nicht bloß die Eigenart der Abtragungsformen mit ihren oft bizarren Einzelerscheinungen und ihrer manchmal geradezu architektonisch wirkenden Ausmodellierung und Gliederung an großen Steilhängen lenkt unsere Aufmerksamkeit auf sich, nicht bloß ferner die stellenweise auffallend geringe Zertalung des Geländes, sondern nicht minder auch die Eigenart der Aufschüttungsformen. Dazu gehören vor allem die abwechslungsreichen und doch im Grunde immer wieder einheitlich gebauten, quer gegen den Wind gestellten Sicheldünen, oder die an vorhandene Vegetation sich anheftenden, in der Windrichtung gestreckten Sandhügelchen der „Neulinge“, oder auch die zusammenhängenden Dünenzüge, welche die Sandablagerungen in die Form erstarrter Wellenflächen gebracht haben und in Gegensatz zu den meisten uns vertrauten Absatzgebilden des fließenden Wassers stellen. Der schöne weiche Fluß der Linien im Profil der Dünen, das zarte Zierat der Rippelmarken, die ansehnliche Größe und die wechselnde Gestalt, zuweilen auch die verschiedene Farbe einzelner Dünen bieten eine Fülle ästhetisch befriedigender Momente, und prachtvoll kann als Staffage die scharf umrissene Gestalt eines Lastkamels wirken, die tiefdunkel von dem erglühenden Abendhorizont sich abhebt und unser europäisches Auge anfänglich durch seine eigenartige Gestalt, seine stolze gravitätische Haltung und seinen wiegenden Gang recht fremd anmutet.

Ein weiteres Moment der Fremdartigkeit beruht in den Farben der Wüste, denn diese sind von biologischen Elementen meist gar nicht oder wenigstens höchst unbedeutend beeinflußt, vielmehr verleiht die unverhüllte Nacktheit dieser Landschaft den Eigenfarben der geologischen Elemente eine ebenso große oder selbst noch größere Vorherrschaft im Landschaftsbild, als der Eigenfarbe

der Vegetation im tropischen Urwaldbilde zukommt. Damit kommen naturgemäß auch ganz andere Farbentöne zur Herrschaft als dort: mit besonderer Häufigkeit gelbe und braune, die bei starker Entwickelung gleichfarbiger Schutzrinden selbst die Eigenfarben der einzelnen Formationen überdecken oder wenigstens abschwächen können [1]). In anderen Fällen freilich bringen sich aber auch die Eigenfarben der Einzelformationen mit großer Energie zur Geltung und schaffen einen Farbenreichtum, der solche Wüstenbilder zu dem landschaftlich Schönsten und zugleich zum geologisch Instruktivsten erhebt, was die Erdoberfläche bietet [2]). Zu all dem aber kommt, daß alle fein-

[1]) Walther schreibt darüber (a. a. O., S. 142): „Wenn wir ... ein Wüstenbild malen wollen, dann werden wir von unserer Palette die grüne Farbe fortlassen und dafür das Braun in allen Schattierungen vom zarten Goldgelb bis zum leuchtenden Orangegelb, vom hellen Lederton bis zum dunklen Kaffeebraun und der tiefsten Umbra verwenden müssen. Ein Meer von Licht flutet über die Wüste, mildert ihre Farbenkontraste, erwärmt die Farbentöne und läßt die Felsen wie von innerem Feuer erglühen, ja bei Sonnenuntergang leuchtet die Wüstenlandschaft in einem Farbenreichtum von märchenhafter Buntheit — aber sobald die Sonne untergegangen ist, legt sich wieder der braune Farbenton wie ein Pilgermantel über das dunkle Gelände."

[2]) So schreibt J. Walther (a. a. O., S. 61 f.): „Der Gesteinsschutt weicht in der Regel in seiner Farbe vom anstehenden Gestein nicht ab, und während in jedem anderen Lande zwischen dem Pflanzengrün nur gelegentlich an einem Wegdurchschnitt oder einem Steinbruch die Farbe des frischen Gesteins zu sehen ist, leuchten uns die Wüstenfelsen oft in der bunten Farbenpracht einer Glasmosaik entgegen. 1000 m hoch steigen die Wände des roten Sinaigranits vor uns auf, rote, grüne und schwarze Gänge winden sich durch das gefaltete Schiefergebirge. Gelbe und graue Sandsteine, rote und grüne Letten, braune und blaue Tone, violette oder blendend weiße Kalke liegen im bunten Gesteinswechsel neben- und übereinander. Es ist eine Lust für den Geologen, in einem solchen Gebiet zu arbeiten, wo jede Felswand ein Aufschluß, jeder Taleinschnitt ein Profil ist, wo wir konkordante Schichtenfugen viele Meilen weit verfolgen können, wo die Verwerfungen handgreiflich an der Felswand hervortreten, die eruptiven Gänge überall herausleuchten und jede Diskordanz, die wir in unserem Klima durch Kombination zahlreicher Aufschlüsse erst erschließen müssen, in großen Zügen offen zutage liegt." Und an anderer Stelle (a. a. O., S. 177) fügt er hinzu: „Im April 1887 ritt ich über die Ebene von Burdes in der Sinaiwüste. Auf 40 km Entfernung konnte ich jede Einzelheit im Schichtenbau des Gebirges durch die klare Luft verfolgen. Hohe Granitwände, von dunklen Gängen durchzogen, wurden überlagert von nubischem Sand-

körnigen, aber auch manche grobkörnige harte Gesteine durch Sandanprall in eigentümlicher Weise poliert werden, so daß sie imstande sind, das Sonnenlicht intensiv zu reflektieren und dadurch bedeutsame Beleuchtungseffekte zu erzielen. Aber selbst einheitliche einfärbig graue oder gelbe Wüstenbilder können dank dem in der Atmosphäre suspendierten oft sehr reichlichen Sand und Staub bei Tiefstand der Sonne, also in den Auf- und Untergangszeiten, in eine wahre Farbenglut bei einer geradezu unendlichen Abwechslung der Farbtöne von Gelb bis Rot und Violett getaucht werden, wenn nämlich die schräg auffallenden Sonnenstrahlen von den mineralischen Verunreinigungen der Luft gebrochen werden. Diese langdauernden, nur langsam verglimmenden glühenden Farbspiele, die selbst dumpfen Farbflächen einen warmen Ton einhauchen und alle Farbenwerte umzuwerten vermögen, machen Wüstenlandschaften zeitenweise zu den farbenschönsten und stimmungsvollsten Landschaften der Erde[1]); trotz aller Fremdartigkeit vermögen sie uns hinzureißen; und auch bei Hochstand der Sonne fehlt es nicht an eigenartigen Reizen

---

stein, und in breiter Flexur waren weiße Kreidekalke und bunte Tertiärschichten vom Sinaihorste abgesunken." Rütimeyer aber schreibt (Globus 57, S. 166): „Immer großartiger wurde (im Sinaigebirge) die Talbildung, die im Wadi Sidr ihren Höhepunkt erreichte, wo gewaltige Felsenkessel, mit violettrötlichem Abendduft erfüllt, umgeben von himmelhohen Steilwänden aus rotem Granit, durchzogen mit breiten grünen Dioritgängen und gekrönt von nubischem Sandstein, der in der Abendsonne wie glühendes Kupfer leuchtete, unter dem tiefsten Blau des Abendhimmels ein Bild von hinreißender Farbenpracht darboten."

[1]) So beschreibt J. Walther (a. a. O., S. 52) einen Sonnenuntergang anschaulich wie folgt: „Langsam senkt sich am Abend wieder die Sonne zum Horizont und überflutet noch einmal die weite Wüste mit ihren warmen Lichtstrahlen. Alle Schatten werden jetzt groß und deutlich, die kleinste Bodenschwelle hebt sich hervor, und das Gelände der Felsenwüste erscheint in so scharfen Kulissen, wie sie das grelle Oberlicht des Tages nie unterscheiden ließ. Immer wärmer leuchtet die Luft und übergießt die braunen, gelben oder rotgefärbten Berge mit Purpurgluten. Jetzt sinkt der Feuerball hinter den Horizont, und während seine Spitzen und Zacken wie in Gold getaucht erscheinen, schimmert darüber der Himmel in grünem Glanze, und hellere Lichtbündel strahlen durch die leuchtende Fläche. Im Osten aber erscheint der Abendstern auf bronzefarbenem Hintergrund, der sich rasch in rötliche und blaue Übergänge wandelt, bis die dunkle Nacht mit ihren Sternen hereinbricht."

der Wüstenlandschaft, die trotz mangelnder Wirklichkeit doch charakteristisch für diese Landschaften sind und ihr unter Umständen den Zauber des Wunderbaren verleihen: das sind die Erscheinungen der Fata morgana, die von der Vortäuschung großer Wasserflächen am fernen Horizont bis zu wirklichen Luftspiegelungen vorschreiten können und das Fremdartige, ja Märchenhafte dieser Landschaft noch wesentlich erhöhen.

Zum Eindrucksvollsten und Größten aber gehört bei den meisten Wüstenlandschaften die völlige Einsamkeit und Ruhe, das gänzliche Zurücktreten menschlicher Arbeit, menschlicher Werke, menschlicher Macht; wohl gibt dies der Stimmung der Landschaft leicht etwas Kaltes, selbst Feindseliges, aber unter allen Umständen gibt es ihr eine besondere Note, die hier, wo das Gesichtsfeld durch keine Vegetation beengt ist, viel kräftiger wirkt als in der Urwaldlandschaft, die in Hinsicht der Einsamkeit bis zu einem gewissen Grade sich ähnlich verhält. Die ungeheure Weite und Tiefe des Blickes aber erweckt in uns hier fast noch unwiderstehlicher als in anderen biologisch extremen Landschaften der Erde den Eindruck des Erhabenen, und dieser Eindruck pflegt so tief zu haften, daß er sich uns unauslöschlich einprägt und in uns bei entsprechender Größe und Schönheit der Formen wohl die Idee erweckt, daß manches derartige Wüstenbild geradezu den Inbegriff des Großartigen darstelle; so sehr auch manches andere infolge übergroßer Einförmigkeit uns abschrecken mag, muß daher doch einzelnen dieser Landschaften ein Preis der Schönheit zugesprochen werden [1]).

4. Die feuchte Landschaft der gemäßigten Zone.

Wir kennen sie alle, diese Landschaft in ihrer Eigenart und ihren Reizen, denn wir wohnen ja mitten in ihr. Wir brauchen

---

[1]) Während des Druckes dieser Arbeit erschien in Geogr. Zeitschr. 1916, S. 417 ff. und 489 ff. der bedeutsame Aufsatz „Wüste und Steppe“ von Robert Gradmann, der in vieler Hinsicht beachtenswert ist, namentlich aber die landschaftliche Rolle und die biologische Anpassung der Pflanzenwelt an die Trockenheit des Bodens und der Luft in vorzüglicher Weise herausgearbeitet hat. — Ausgezeichnete, höchst lehrreiche Darstellungen einer amerikanischen Wüstenregion (Niederkalifornien) in Wort und Bild gab A. Heim in der Zeitschr. d. Gesellschaft f. Erdkunde zu Berlin 1916, 1. Heft.

ihrer daher auch nur kurz zu gedenken, und jeder wird in eigenem Schauen, eigenem Beobachten das Wenige, was wir sagen wollen, ergänzen und berichtigen! (Wir sehen sie mit ihren über das ganze Jahr hin auftretenden Niederschlägen in recht beträchtlichem landschaftlichen Gegensatz zu den immergrünen Waldregionen der wärmeren Abteilung der gemäßigten Zone, wo die Sommer trocken und die milden Winter ebenfalls nicht allzu niederschlagsreich sind, wie in den tieferen Regionen unserer Mittelmeergebiete, oder in dem Küstenland Kaliforniens, in Teilen Südwest- und Südaustraliens, Südafrikas oder Mittelchiles. Wo dort der Regenfall hinreicht zur Erzeugung von Hochwald und des Menschen Hand noch nicht zerstörend eingegriffen hat, da herrschen immergrüne, meist lichte Wälder mit Bäumen und Büschen von xerophilem Bau und ausdauerndem, oft kleinem, lederartigem Laub (Hartlaub), das meist in dumpfen Farbentönen sich hält und so wesentlich von dem hellen frischen Grün unserer Laubwälder abweicht. Die ganze Organisation dieser Gewächse, von denen manche ihres hohen wirtschaftlichen Nutzens wegen in starkem Umfang angebaut werden (wie vor allem der Ölbaum), ist an sommerliche Trockenheit angepaßt. Meist ist der Wuchs der Bäume niedrig, sommergrüne Holzgewächse treten seltener neben ihnen auf. Das Unterholz, das oft aus sehr blütenreichen Büschen besteht, gehört großenteils ebenfalls zu den Hartlaubpflanzen. Zwiebel- und Knollengewächse spielen stellenweise eine sehr große Rolle; auch Sukkulenten finden hier ihre geeigneten Wachstumsbedingungen, so daß z. B. die aus Mexiko im 16. Jahrhundert eingeführten Agaven, Opuntien und Cereusarten im Mittelmeergebiet allenthalben heimisch geworden sind.

Da im Mittelmeergebiet vielfach die Kiefern- und Eichenwälder verwüstet sind, findet man auf vielen Berghängen nur noch deren Unterholz (Macchie, Maquis), das in dichten Beständen von niederem Wuchs das Gelände bedeckt und dessen Falten sehr plastisch hervortreten läßt; das Kalkgebirge freilich ist jetzt auf weiten Strecken kahl, und diese Felsflächen in Abwechslung mit üppig wachsenden tiefgrünen Pflanzen an anderen Stellen gehören neben dem allenthalben wieder hereinblickenden blauen Meere zu den charakteristischen Zügen der Mittelmeerlandschaft.

Infolge der teilweise recht intensiven Vernichtung der Pflanzendecke vermögen die Regen des Winters und Frühjahrs oft an Steil-

hängen den Boden so zu durchtränken, daß Rutschungen und Bodenflüsse („frane“) nicht selten eintreten und die Abtragung sehr beschleunigen.

Ein näheres Eingehen auf die verhältnismäßig wenig ausgedehnten Gebiete mit winterfeuchtem, warmtemperiertem Klima mag aber an dieser Stelle mit Rücksicht auf den Raum unterbleiben. Es mögen sich also die folgenden Bemerkungen lediglich auf die niederschlagsreichen Gebiete der kalttemperierten Zone beschränken. —

Wenn wir gegenüber der humiden Landschaft der Tropen einige besondere Unterschiede gleich von vornherein feststellen wollen, so ist es hinsichtlich der äußeren Erscheinung vor allem die völlige Verschiedenheit der Pflanzenwelt, hinsichtlich des Gefühls die wesentlich geringere Wärme, die bei uns oft weit unter den Gefrierpunkt hinabsinkt, hinsichtlich des jahreszeitlichen Wechsels des Bildes die ungeheuren Unterschiede vom schneebedeckten Winterbild zum aufgrünenden Frühjahrs-, zum ährenfrohen Sommer- und zum früchtereichen Herbstbild; während in den feuchten Tropen zwar dank der verschiedenen Blütezeit einzelner Bäume, Sträucher und sonstiger Gewächse, auch vereinzelten Vorkommens von Blattfall von Zeit zu Zeit geringe Veränderungen im Waldbild sich zeigen, so hört doch die Zeit energischen pflanzlichen Lebens und Gedeihens niemals völlig auf. Wir erkennen daraus, daß ein Vergleich mit der humiden Landschaft der mittleren Breiten nur für die Periode hoher pflanzlicher Lebenskraft möglich ist, und daß das jahreszeitliche Auftreten niedriger Temperaturen mit seinen bekannten Einflüssen auf die Vegetation, aber auch auf die geologischen Landschaftselemente, die wesentlichsten Unterschiede gegenüber den feuchten Tropen hervorbringt.

Vergleichen wir aber unsere Waldlandschaft im Sommer mit der der feuchten Tropen, so müssen wir vor allem feststellen, daß Arten und Größe der Bäume sehr verschieden sind, auch der gesamte übrige Pflanzenapparat des Waldes in seiner Einfachheit außerordentlich stark von dem des feuchten Tropenwaldes abweicht. Aber in ursprünglichen Verhältnissen, wie sie z. B. während der Römerzeit noch im größeren Teil Germaniens geherrscht hatten, waren die Bedingungen denen der tropischen Urwälder etwas näher gestanden als jetzt, wo bei uns alle Wälder in forstliche Kultur genommen sind, ihre Zusammensetzung einfacher und

oft willkürlich gestaltet ist und weite Sumpfgebiete ausgetrocknet sind. Aber selbst wenn wir nur den modernen korrigierten Wald mit dem tropischen Urwald vergleichen wollen, finden wir bereits manche Übereinstimmungen. Wohl ist der Wald niedriger, das Heer der Epiphyten und Lianen fehlt völlig oder fast völlig, desgleichen die untere Etage von kleineren Waldbäumen; dagegen ist das Unterholz oft reich entwickelt oder Rasen, Bodenstreu und Moose, auch wohl manche dem Boden sich unmittelbar anschmiegende breitblättrige Gewächse verleihen einen kräftigen Schutz gegen oberflächliche Abspülung, so daß diese selbst im Verhältnis zum Regenfall eher geringere Beträge erreicht als im regenfeuchten Urwald; außerdem bereiten sie auch dem oberflächlichen Ablauf des Regenwassers viele Hindernisse, verlangsamen ihn also und begünstigen das Eindringen von größeren Wassermengen in den Untergrund. Wohl ist bei unseren Wäldern der Abschluß von Sonne und Wind weit weniger vollständig als im tropischen Urwald, aber doch immer noch kräftig und wirksam; zudem sind unsere Temperaturen selbst im Hochsommer im Durchschnitt noch wesentlich niedriger als in den Tropen, die Niederschläge viel geringer, aber trotz alledem sind die Unterschiede in der Hauptsache nur graduell, und es herrscht demgemäß auch eine große Ähnlichkeit in den Verwitterungs- und Abtragungsverhältnissen der Waldgebiete der Tropen und der gemäßigten Zone während der sommerlichen Temperaturen: Vorherrschen der chemischen Verwitterung und kräftiger Vegetationsschutz gegen oberflächliche Abspülung, während allerdings *unter* dem Waldwurzelfilz auch hier ein nicht unbedeutendes Abwärtswandern der Verwitterungsprodukte stattfindet, häufig begünstigt durch starke Durchfeuchtung. Ferner kann man gelegentlich neben dem langsamen Abwärtsrücken (Kriechen) auch Rutschungen und Bodenfluß beobachten, wie wir sie aus den feuchten Tropen kennen; nur ist die Intensität und Häufigkeit dieser Phänomene bei uns meist wesentlich geringer als dort, was einmal auf die Rechnung der schwächeren Niederschlagsmenge, andererseits aber auch der viel geringeren Mächtigkeit der Zersetzungsböden zu setzen ist. Während in den Tropen, soweit bekannt, die Urwaldbäume gewöhnlich nicht in das Anstehende hinabreichen, ja zumeist sehr flache Wurzelscheiben besitzen, sind in unseren Wäldern sehr viele Bäume kräftig im Anstehenden verankert, ein Umstand, der die

subsilvine Bodenbewegung zwar nicht unterdrücken, aber wenigstens erschweren kann.

Prinzipiell sind also Abtragungsschutz und manche Abtragungsvorgänge in den regenfeuchten Tropen und in den Waldgebieten der gemäßigten Zone während des Sommers bei genügendem Regenfall in dieser Jahreszeit ziemlich gleichartig, und wir müssen daher annehmen, daß auch bei uns bis zu einem gewissen Grade dieselben Oberflächenformen entstehen müßten wie in den feuchten Tropen. In der Tat erinnern auch die Bergrückenformen, die bei uns unter bestimmten Raumbeziehungen auftreten, ebenso wie das von Götzinger beschriebene Ausheilen von Rutschungen und Rutschungsabsätzen zu gleichförmiger Böschung des Hanges durchaus an die Verhältnisse der feuchten Tropen, und doch treten bei uns manche Oberflächenformen auf, die dort nicht oder nicht in gleichem Maße zu beobachten sind; insbesondere heben sich bei uns selbst bei dichter Waldbedeckung die verschiedenen Gesteinsarten morphologisch eher heraus als dort, und der geologische Bau prägt sich deshalb auch in den Formen der Erdoberfläche viel schärfer aus.

Dieser Unterschied, der freilich auch bei uns vielfach erst dann sehr augenfällig wird, wenn der Wald entfernt ist und die Formen also unmittelbar auf das Auge wirken, kann nur zum Teil durch die geringere Intensität der chemischen Verwitterung und des Vegetationsschutzes in unseren Breiten erklärt werden: hauptsächlich aber wird man zur Erklärung unseren Jahreszeitenwechsel heranziehen müssen, der für eine lange Periode des Jahres die chemische Verwitterung herabsetzt oder auch ganz aufhebt, dafür aber, dank dem Blattfall vieler Waldbäume, der Insolation Raum gibt, während gleichzeitig mit dem Frost ein ungemein wichtiges Verwitterungsagens in Tätigkeit tritt, das den tiefer gelegenen tropischen Waldgebieten völlig fehlt. Der Frost trägt außerordentlich viel zur mechanischen Zertrümmerung der oberflächlich liegenden Gesteinsmassen bei; ja in Gegenden, wo kräftiger Frost längere Zeit anhält, kann er sehr wohl auch unterhalb der Vegetations- und Bodendecke noch starke Sprengwirkungen ausüben und damit der nachfolgenden chemischen Verwitterung vorarbeiten; aber andererseits kommt auf diese Weise auch das mechanische Widerstandsvermögen der Gesteine zum Recht und äußert sich demnach auch morphologisch. Freilich kann bei den

mäßigen Frostgraden unserer Gebiete eine Schneedecke das Eindringen des Frostes in den Boden verhindern, so daß also die im Winter niederschlagsreichsten Gebiete am besten gegen die Frostverwitterung unter der Vegetationsdecke geschützt sind; aber selbst in niederschlagsreichen Gebieten kommt es nicht selten vor, daß bei Beginn des Winters vor dem Niedergehen von ergiebigem Schnee energischer Frost sich einstellt und in den Boden dringt.

Ist der Frost für die Verwitterung von großer Bedeutung, so auch nicht minder für die Abtragung: er bringt zahlreiche oberflächliche Pflanzenorgane zum Absterben und erleichtert damit die Oberflächenabtragung (z. B. die spätere Abspülung durch Schneeschmelzwasser); zudem begünstigt er aber in gleicher Weise die Abtragung unter der Vegetationsdecke, indem die Ausdehnung des im Boden enthaltenen Wassers beim Gefrieren denselben vorwärts drängt, was namentlich nach dem Auftauen mit einer Abwärtsbewegung verknüpft zu sein pflegt. Innerhalb des Pflanzenwurzelfilzes dürfte die Abwärtsbewegung des darin enthaltenen Bodens freilich sehr geringfügig sein, da die Wurzeln zu viel Widerstand bieten. Aber eben dieser elastische Wurzelfilz setzt auch nach dem Absterben der oberirdischen Pflanzenorgane seine Schutzwirkung oft noch kräftig fort, sofern nämlich, wie so häufig, flach ausgreifende Wurzeln über die Oberfläche emporragen und dadurch die abspülende Wirkung der Schmelzwasser herabsetzt. Der Vegetationswurzelfilz ist das Schutzkleid des Geländes, denn er verhindert eine allzu rasche Verfrachtung der Verwitterungsprodukte und trägt viel zur Erhaltung der Oberflächenformen bei. Von der Widerstandskraft des Vegetationskleides gegen Zerreißung infolge Druckes von innen (von der Schutt- und Zersetzungsdecke her) hängt der mögliche tatsächliche Böschungswinkel der bewachsenen Hänge in erster Linie ab. Wir sehen also, daß ein nicht unwesentlicher Teil der charakteristischen Oberflächenformen des Gebietes als eine Folge der Wirkungen des Wurzelfilzes zu betrachten ist. Und wo an steileren Hängen — etwa durch Erosion oder durch künstliche Eingriffe des Menschen — dieser Wurzelfilz verletzt ist, da sieht man den lockeren Untergrund unter ihm abrücken, so daß er in freie Luft hinausragt und absterbend abbricht, sofern es ihm nicht glückt, sich elastisch bis auf die neugeschaffene Böschung herabzusenken und dort wieder festzuwurzeln.

Die Vernichtung des Waldes, wie sie örtlich Windschläge wohl gelegentlich hervorrufen, und vollends die Vernichtung von Wald und Waldwurzelschicht, wie sie die menschliche Rodung bewirkt, bringt also einen ganz bedeutsamen Wechsel für die Abtragungsverhältnisse hervor, und es ist nicht zu bezweifeln, daß damit in absehbarer Zeit auch eine nicht unwesentliche Änderung der Oberflächenformen entstehen muß. Wenn wir z. B. sehen, daß ein vor etwa einem Jahrzehnt an einem Steilhang des „Hörnles" bei Kohlgrub gemachter Kahlhieb zur Entstehung eines Bachrisses führte, der in die Tiefe, seit- und rückwärts fressend bereits einen großen Teil des Berghanges bis zum Vorgipfel hinauf angeschnitten und des früheren Bodens entkleidet hat, und wenn wir beobachten, welch große Erdmengen ein einziger Regenguß von einem frischgeackerten Bergfeld zur Tiefe führt, so können wir uns einen Begriff machen, welch rasche Änderungen die Entwaldung in gebirgigen Gebieten mit heftigen Regengüssen hinsichtlich der Bodenbedeckung und auch der Oberflächenformen bedingen kann. Wenn bei uns diese Wirkung der Rodungen an Berghängen nicht das gleiche Ausmaß wie etwa im nahen Mittelmeergebiet erreicht hat, so ist daran neben der größeren Seltenheit schwerer Platzregen vor allem die Gegenarbeit des Menschen schuld, der an Bergäckern alljährlich die Hauptmasse des abgespülten Bodens wieder aufwärts trägt und der Bildung von Wildbachrissen durch Verbauung möglichst entgegenwirkt. Insonderheit ist aber die verhältnismäßig gute Wahrung des Bodenbestandes und der Oberflächengestaltung bei uns in Deutschland dem Umstand zuzuschreiben, daß der allzu weitgehenden Rodung schon im Mittelalter gesetzlich entgegengetreten wurde, ehe noch die höheren Gebirgsteile unserer Mittelgebirge stark in Angriff genommen worden waren und daß man später sogar an gefährdeten Steilhängen wieder aufforstete, soweit das möglich war. Außerdem aber war die Mehrzahl der steileren Hänge schon frühzeitig für Wiesen nud Weiden reserviert worden, so daß also hier ein neuer zusammenhängender Wurzelfilz, freilich sehr verschiedener Art, aber doch ebenfalls recht widerstandsfähig, an die Stelle des früheren getreten ist und dessen Schutzfunktion übernommen hat. Wenngleich im einzelnen zweifellos manche Änderungen der Oberflächenformen seit der Rodungsperiode im Mittelalter in unseren Mittelgebirgen vorgekommen sein werden — deren Nach-

weis im einzelnen sehr wünschenswert wäre —, so dürfen wir doch annehmen, daß die Oberflächengestaltung in der Hauptsache erhalten geblieben ist. Der Landschaftscharakter aber hat sich mit der weitgehenden Entwaldung zweifellos ganz wesentlich geändert: die Felder, Wiesen, Weideflächen, die an Stelle des Waldes getreten sind, lassen die Oberflächenformen deutlich vor dem Auge des Beschauers hervortreten, während sie im Waldkleid nur in ihren markanteren Formen von weitem erkennbar wären. Stellen wir uns z. B. vor, daß die schwäbische Stufenlandschaft völlig mit Wald bedeckt wäre, anstatt ihr gegenwärtiges, meist künstlich geschaffenes niedriges Vegetationskleid zu tragen, so wird uns von irgendwelchem charakteristischen Aussichtspunkte aus klar, daß eine Menge Einzelheiten der Oberflächengestaltung uns verborgen bleiben müßte; ich spreche hier nicht von kleinen Zügen, wie der sanften Abflachung des Gehänges am Österberg zu Tübingen in der Gegend der anstehenden Zanclodonmergel oder dem Auftreten kleiner Vulkanembryonen am Fuße des Steilabfalls der Alb, sondern selbst von den großen Landterrassen von Lias α oder Braun Jura β, die gewiß großenteils kaum landschaftlich sichtbar würden, wenn Hochwald sie bedeckte; es würde dann in der Landschaft vielfach der Stufencharakter gar nicht mehr deutlich zum Ausdruck kommen, und viel Feinheit der Gliederung des Bildes würde verschwinden. Es ist kein Zweifel, daß hier das breite Auftreten der menschlichen Kultur nicht nur zur klaren Heraushebung der Oberflächengestaltung diente, sondern selbst manche Einzelheiten des geologischen Baues erst weithin landschaftlich enthüllte (so die obere Grenze der Impressatone, mit der die untere Grenze des Schutzwaldes vielfach zusammenfällt). Außerdem macht sie erst das hydrographische System in seiner besonderen Linienführung deutlich erkennbar und gibt damit der Landschaft ihre klare Gliederung. Einen besonderen Reiz aber bilden die zahlreichen Dörfer und Städte, die Wege, die Felder in ihren verschiedenen Farbentönen und ihrer wechselnden Flureinteilung, die grünen Wiesen, die Schlösser und alten Burgen auf einzelnen Höhen und über dem Steilabfall mit seinem Laubwaldgürtel und den gelegentlich auftretenden hellblinkenden „Rutschen“ eine neue Kulturfläche mit Dörfern und Feldern, mit Schafweiden, die spitzkegelförmige dunkle Wacholder tragen, mit rundlich aufragenden waldbedeckten Bergkuppen, mit breiten Trockentälern und vereinzelten Dolinen und Höhlen.

Das eingehendere Studium dieser Landschaft zeigt uns dann, daß hier im humiden Waldgebiet der gemäßigten Zone der Aufbau eines flachgeschichteten Gebietes mit abwechselnd harten und weichen Bänken landschaftlich außerordentlich deutlich zum Ausdruck kommt (für das Auge sogar schon auf große Entfernung); und wenngleich die Einzelheiten der Abtragungsvorgänge noch nicht genügend bekannt sind, auch bei dem Ineinanderwirken chemischer und mechanischer Einflüsse im Sommer und Winter nicht leicht genau nachzuweisen sein werden, so erkennen wir doch hier ebensowohl wie in der vorher besprochenen, so verschiedenartig gestalteten Wüste die Tatsache, daß die harten Schichten in Steilabfällen abbrechen, die Gegend der weichen Schichten aber in Form von Terrassenflächen heraustritt. Wir dürfen daraus auch schließen, daß die Widerstandsfähigkeit der Gesteine gegen mechanische Einflüsse in dieser Zone bereits von höherer morphologischer Bedeutung ist als die Widerstandsfähigkeit gegen chemische Verwitterung. Dieser Schluß wird auch durch die Überlegung gestützt, daß bei uns hohe Temperaturen nur eine recht kurze Zeit des Jahres über herrschen, so daß intensivere chemische Verwitterung nur kurz wirken kann. Die Seltenheit scharfer Kanten im Landschaftsbild spricht aber doch bereits für einen ansehnlichen Einfluß der chemischen Verwitterung und einer zusammenhängenden Vegetationsdecke; die einzigen sehr auffälligen Kanten in großer Ausdehnung und großem Stil am Oberrand der Albtrauf (durch jugendliche Abrutschungen — „Rutschen“ — entstanden) sind bezeichnenderweise auf Kalkstein beschränkt, der ja in mancherlei Hinsicht eine gewisse Ausnahmestellung unter den Gesteinen einnimmt. Eine morphologische Sonderstellung nehmen ferner manche isolierte, regellos über die Landschaft zerstreute, aber recht regelmäßig gestaltete kuppen- bis kegelförmige Hügel ein, deren Form durch die radiale Feldereinteilung fast noch auffälliger als durch sich selbst für das Auge des Beobachters herausgehoben wird: das sind vulkanische Gebilde der Miozänzeit, ursprünglich Ausfüllungen von Durchschlagsröhren, aber nach der Abtragung des umgebenden Gesteins in dieser Form (zuweilen aber auch in steiler Säulengestalt) erhalten.

Alle Formen, die wir im Landschaftsbilde bemerken, von den tief eingeschnittenen Tälern an bis zu Erhebungen aller Art, lassen sich zwanglos aus der Tätigkeit des Wassers in seinem

flüssigen Zustande ableiten; nichts verrät eine morphologische Tätigkeit von Gletschereis; ebensowenig können wir Formeinflüsse ehemaligen Waltens des Windes von unserem Aussichtsort (etwa Jusi oder Hohenneuffen, Teck) erblicken, da die tatsächlich vorhandenen Lößabsätze zu geringfügig sind, um sich in dem großen Bilde auffällig bemerkbar zu machen, noch weniger aber — es sei denn im Kleinbilde — einzelne pontische Pflanzen als Relikte einer Steppenzeit. Wenn wir auf der Schwäbischen Alb jedoch nach Geländeformen suchen, die durch die gegenwärtig herrschenden Verhältnisse nicht erklärt werden können, so fehlt es freilich auch daran nicht, wie denn z. B. an den Talwasserscheiden sich noch deutliche und sehr auffällige Anzeichen einer einst recht verschiedenen Gestaltung des Flußnetzes zeigen.

Wenn in dem tektonisch sehr wenig gestörten Gebiet des schwäbisch-fränkischen Jura oder auch der Côte d'or usw. der Wechsel harter und weicher Gesteinskomplexe zur Herausbildung einer typischen Stufenlandschaft geführt hat, so finden wir denselben Wechsel harter und weicher Gesteine auch außerhalb der Gebiete der Flachschichtung landschaftlich sehr klar ausgeprägt. Wo irgend sich an einzelnen Bergkuppen, an den Hängen tief eingeschnittener Täler oder in weiträumigen Becken und Mulden ein solches Abwechseln von Gesteinsschichten verschiedener Widerstandskraft findet, da treten die härteren an Hängen als Steilabbrüche, bei flacherer Geländeausbreitung aber als Erhebungen oder Höhenzüge über die weicheren hervor und verursachen so eine höchst wirkungsvolle Gliederung der Oberflächengestaltung. In kleinerem Ausmaß steigen härtere Schichten bei senkrechter Stellung oft wie Mauern aus der Umgebung auf; wo aber ein Tal eine Landschaft mit mäßig geneigten, verschieden harten Schichten durchschneidet, da bilden sich an den Talhängen Felsterrassen heraus, die sich aber auf den beiden Seiten in recht verschiedener Höhe und Entfernung vom Wasserlauf befinden und daher eine unsymmetrische Ausgestaltung der entgegengesetzten Hänge bewirken. Bei kurzräumiger Aufwölbung von derartigen Schichten tritt oft auf engem Raume eine häufige Abwechslung von Erhebungen und Vertiefungen infolge verschiedenen Abtragungswiderstandes hervor[1]),

[1]) z. B. Mont Terri (Noë-Margerie, Les formes du terrain Paris 1888, Taf. 12, Nro. 38).

während in vulkanischen Gegenden besonders die Gänge aus weicheren Tuffen herauspräpariert werden. Selbst bei gleichartigem Gestein kommen örtliche Modifikationen größeren Widerstandes gegen Lösung, oder chemische oder mechanische Verwitterung in Form von vorragenden und oft sehr auffallenden Felsklötzen, ja Nadeln zur landschaftlichen Geltung, wie vielfach in Kalk- und Dolomitgebieten, aber auch in Gebieten kristallinischer Gesteine usf., während im kleinen dieselbe Erscheinung sich in der Ausbildung von Karrenfeldern zeigt. Tatsächlich ist ja kein Gestein in seiner ganzen Ausdehnung von gleichmäßiger Beschaffenheit, so daß infolgedessen genannte topographische Einzelheiten in verschiedener Ausbildungsweise allenthalben zu finden sind. G. de la Noë und E. de Margerie machen freilich (a. a. O., S. 41) darauf aufmerksam, daß der Mensch bei seinen Kulturen vielfach zur Abrundung des Geländes beiträgt, während er andererseits an steileren Hängen auch oft künstliche Terrassen anlegt, um die Abschwemmung des Bodens zu verhindern oder wenigstens abzuschwächen.

Wo die Flüsse ehedem unmittelbar das Anstehende bearbeiten konnten, da sind an Steilwänden vielfach Leisten und Hohlkehlen, im Bett zahlreiche Strudellöcher ausgearbeitet, so an der Rhône oberhalb ihrer Verschwindungsstelle, während an Wasserfällen häufig starke Unterwaschungen eintreten, namentlich wenn hier, wie am Niagara, weiche Schichten unter harten Lagern anstehen.

Wo verhältnismäßig flache Faltungen Mittelgebirge aufbauen, wie z. B. im Schweizer Jura, da treten manchmal zwar nicht die Uroberflächen, wohl aber die inneren Strukturflächen wenigstens stellenweise noch unmittelbar hangbildend auf, so daß auf ansehnliche Strecken hin eine Übereinstimmung der topographischen und der strukturellen Oberflächen statthat; in vielen anderen Fällen blieb zwar die einfache Gewölbeform der Oberfläche erhalten, aber das tatsächliche Einfallen der Schichten ist wesentlich größer als die Neigung des Geländes, und zuweilen haben sich, in völligem Gegensatz zum inneren Bau, selbst in Antiklinalen Täler eingesenkt, an deren Hängen die härteren Gesteinslagen dann als Steilstufen heraustreten. In anderen Fällen verläuft die Oberfläche nur teilweise in gewisser Übereinstimmung, teilweise aber auch in entschiedenem Gegensatz zu den Faltenwürfen der Tektonik.

Im Gebiete des Schwarzwaldes oder der Vogesen können wir eine Reihe unserer morphologischen Beobachtungen aus dem Schwäbischen Jura trotz der sehr verschiedenen Gestaltung des Landschaftsbildes aufs neue bestätigt finden. Vor allem tritt uns auch hier deutlich in der landschaftlichen Erscheinung der Erhebungen wie der einzelnen Formen und Verwitterungsgebilde der starke morphologische Gegensatz der Gesteine nach dem Grade ihres Widerstandes gegen mechanische Einflüsse entgegen. Ganz besonders stellen sich die hier so häufigen Sandsteine und Konglomerate mit ihren Steilwänden und merkwürdigen Einzelformen von Felsen, Gesteinsgittern u. dgl. in Gegensatz zu den meisten übrigen Felsarten, namentlich den alten Eruptivgesteinen, die mehr zu gerundeten Formen neigen.

In den tief eingeschnittenen Tälern und an steilen Felshängen humider Gebirge der gemäßigten Zone gelingt es nicht selten, da und dort einen unmittelbaren Einblick in den inneren Bau dieser Gegenden zu gewinnen, der sehr viel verwickelter ist als in der Schwäbischen Alb, und selbst im Großbild treten hier die Einflüsse tektonischer Eigentümlichkeiten außerordentlich scharf zutage; ist ja doch die ganze mittelrheinische Tiefebene als ein Ausdruck gewaltiger Verwerfungsvorgänge aufzufassen, während deren Vorhügelzone in der Hauptsache als der morphologische Erfolg zahlreicher noch hochragender Schollen betrachtet werden muß. Freilich treten auch sehr viele Einzelschollen morphologisch in keiner Weise mehr hervor, wie z. B. durch die Bohrungen bei Pöchelbronn deutlich geworden ist, wo trotz bedeutender Niveaudifferenzen dieser Schollen oberflächlich ein indifferentes Wellenland entstanden ist, dessen einzelne Erhebungen und Vertiefungen oft keinerlei Beziehungen zu den Schollen selbst mehr erkennen lassen. Außerordentlich auffällig tritt inmitten der mittelrheinischen Tiefebene das in sich wieder recht verwickelt gebaute vulkanische Gebilde des Kaiserstuhls heraus, und wenn es auch an Kühnheit der Formen bei weitem nicht die Vulkangestalten des nahen Höhgäues erreicht, so hebt es doch mit seinen weichen, aber immerhin kräftig aufsteigenden Linien die landschaftliche Schönheit des angrenzenden Teiles ganz wesentlich.

Die Hochregionen des Schwarzwaldes wie der Vogesen sind großenteils in Form von Kuppen und breiten Rücken ausgebildet. Die oft auf ansehnliche Entfernung fast gleich große Höhe der-

artiger Gebilde legt den Gedanken nahe, daß man es hier mit Überresten alter Einebnungsflächen zu tun habe. Ein Gleiches aber gilt für die Landterrassen, die sich vielfach am Grunde des mesozoischen Deckgebirges in Schwarzwald und Vogesen zeigen und die alte permocarbone Landoberfläche wieder aufzudecken scheinen.

Die Oberflächenformen, die wir sonst im Schwarzwald und in den Vogesen sehen, sind größtenteils ebenso wie in der Schwäbischen Alb deutlich als Wirkungen des flüssigen Wassers zu erkennen, wenngleich in einzelnen Fällen die Anlage der Täler durch Verwerfungen und andere tektonische Vorgänge verursacht worden ist.

In vielen Hochregionen beider Schwestergebirge, zum Teil auch noch tief hinab in die Täler finden sich aber breitgerundete Eintiefungen, gerundete Felshöcker und wallartige Schuttanhäufungen, die offenbar durch die Tätigkeit von Gletschern geschaffen worden sind und damit (neben dem Vorhandensein gewisser alpiner oder nordischer Pflanzen- und Tierarten) Zeugnis ablegen von der ehemaligen Herrschaft des nivalen Klimas in einem Teile des Gebietes. Manche dieser glazialen Gebilde, die nischenförmigen Kare, gehören sogar zu den landschaftlich schönsten Formen dieser Gebirge, namentlich wenn der Grund derselben noch von kleinen Seen erfüllt ist, wie das ja vielfach der Fall ist.

Aber auch die Tätigkeit des Windes hat nach dem Ende der Glazialzeit ihre Spuren hinterlassen: in Lößabsätzen, die im Rheintal stellenweise bedeutende Mächtigkeit erreichen und dann in flachen Hügelrücken mit gelegentlichen Steilwänden an Bachufern oder, wie im Kaiserstuhl, mit tief eingeschnittenen Hohlwegen, auch morphologisch hervortreten. Immerhin aber ist die landschaftliche Rolle der Lößgebilde viel geringer als die der glazialen, die z. B. in den Südvogesen in breiten Flächen die Oberflächenformen beherrschen.

In der Mehrzahl der übrigen deutschen Mittelgebirge hat die Eiszeit keine oder nur dürftigere Spuren zurückgelassen, und wenn auch ehemalige Abtragungsflächen neben manchen Flußterrassen uns morphologisch Kunde von früheren Verhältnissen und Zuständen geben und großenteils, wie z. B. im rheinischen Schiefergebirge, das Landschaftsbild sogar beherrschen, so überwiegt doch im modernen Formenschatz durchaus der Einfluß des flüssigen

Maßig feuchtes Waldgebiet der gemäßigten Zone: Blaue Berge in Neusüdwales (Australien). Steilabfall des Sandsteinplateaus; Wassertall Govetts Leap. Flachschichtung (Decke über der abgetragenen Faltengebirgsoberfläche). Nach einer in Sydney erworbenen Photographie.

Der Erbsenfelsen beim Hanauer Weiher (Unterelsaß, Nordvogesen). Abtragungsrest im mittleren Buntsandstein. Aufnahme von Dr. A. Hemmer.

Kleinformen der Verwitterung: Gesteinsgitter im mittleren Buntsandstein der Nordvogesen bei Ruine Falkenstein. Aufnahme von Dr. A. Hemmer.

Wassers: er beherrscht vor allem die Talformen. Die Widerstandskraft der Gesteinsart macht sich in den alten Abtragungsflächen minder kräftig fühlbar als in jüngeren Gebirgsgebieten, wo manchmal, wie in der Rhön, vulkanische Gebilde schroff und mit charakteristischer Kegel- oder Stielgestalt aufragen. Wohl gestattet da und dort ein tief eingeschnittenes Tal mit steilen Felswänden oder anderen Aufschlüssen einen Einblick in den Faltenwurf und die Verwerfungen, die den inneren Bau dieser alten Gebirge bedingen; aber oberflächlich kommen die Strukturzüge nur mehr in morphologischen Einzelheiten zur Geltung, aber nicht mehr in großen Strichen, wie etwa in der schwäbisch-fränkischen Stufenlandschaft, vielmehr beherrschen meist — neben Aufschüttungsformen — die Abtragungsformen das Gesamtbild: flache breite Rücken, sanft aufragende Kuppen, langgezogene Hänge, weithin fast geradlinige Kämme oder selbst fast ebene Flächen — als Folgen langwirkender Abtragungsvorgänge. Der weiche Fluß der Linien wird nur selten, so etwa bei tief eingeschnittenen, auch wohl terrassierten Tälern unterbrochen, behält aber sonst zumeist die Herrschaft und verleiht dem Bilde viel Liebliches in merkwürdigem Gegensatz zu dem stolzen Schwung der Faltenwürfe des Inneren. Wenngleich die Höhen mit Ausnahme der höchsten, mindestens aber die steilen Hänge noch vorwiegend das Waldkleid tragen, sind doch sehr große Flächen bereits der menschlichen Kultur überliefert; diese nehmen daher in dem Bilde meist einen großen Raum ein und tragen viel zu dem freundlichen Formen- und Farbenreichtum bei, der für unsere Mittelgebirgslandschaften charakteristisch ist und einen Hauptteil ihrer Schönheit ausmacht[1]). Wer für weiche Linienführung Sinn hat, wird an Mittelgebirgsbildern mit ihrer reichen Mannigfaltigkeit der geologischen und biologischen Einzelheiten seine hohe Freude haben; die Kraft und die herbe Schönheit der Hochgebirgsbilder findet man nur vereinzelt in ihnen (so Vogesen, Schwarzwald, Riesengebirge). Aber der Reiz der jahreszeitlichen Wandlungen der Landschaft macht sich ungemein wirksam geltend, und dieser verleiht auch der Landschaft des ebenen Tieflandes, die durch die

[1]) Eine ausgezeichnete, ins einzelne gehende Studie über den Einfluß des geologischen Baues auf das Landschaftsbild eines alpinen Gebietes hat neuerdings O. Ampferer gegeben („Das geologische Gerüst der Lechtaler Alpen", Zeitschr. d. D. u. Österr. Alpenvereins **44**, 1—25. Wien 1923. Mit lehrreichen Bildern.) Vgl. S. 166.

Größe des Gesichtsfeldes und die starke Betonung der Horizontalen auf viele Gemüter tiefen Eindruck ausübt, die Möglichkeit, die mannigfachsten Stimmungen zu erwecken — ganz abgesehen davon, daß die wechselnde Pflanzenwelt: Wiese, Wald, Feld, Marsch, Heide, Moor, daß die einzelnen Gewächse, besonders die blühenden, und die Vergesellschaftung von Wasser in den verschiedensten Formen zum Land von Ort zu Ort und Zeit zu Zeit immer neue Stimmungsreize ausüben.

5. Steppen und Wüsten der gemäßigten Zone.

Wie die Waldlandschaft der gemäßigten Zone in mancher Hinsicht ihres Verhaltens der regenfeuchten Tropenlandschaft ähnelt, so die Steppenlandschaft der mittleren Breiten den Grasfluren der Tropen. In beiden Fällen bringt der Winter, also das Auftreten einer Periode häufiger, oft auch langwieriger und kräftiger Frostwirkung, den wichtigsten Unterschied hervor. Und doch sind die Differenzen beider Zonen bei der Waldlandschaft wesentlich größer als bei der Grasflurenlandschaft, denn die Frostperiode schafft im Waldgebiet der gemäßigten Zone eine Periode der pflanzlichen Ruhe, wie sie dem tropischen völlig unbekannt ist; die Grasflur der Tropen dagegen kennt eine Zeit pflanzlicher Ruhe ebensogut wie die des gemäßigten Klimas, nur der Grund ist ein verschiedener: dort Mangel an Niederschlägen, hier aber Frost (der freilich physiologisch auch wie Trockenheit auf die Pflanzenwelt wirkt). Infolgedessen ist auch die Ähnlichkeit der äußeren Bedingungen sowie der morphologischen und landschaftlichen Eigentümlichkeiten hier viel größer als bei der Waldlandschaft. Im einzelnen freilich ließen sich auch manche Übereinstimmungen zwischen beiden Wald- und Grasflurenlandschaften hervorheben, so die weit geringere Meereshöhe, bis zu der Wald- wie Grasflur in den mittleren Breiten hinaufreichen, und vor allem der geringere Artenreichtum und die dürftigere Entwickelung der Pflanzenwelt. Letztere setzt naturgemäß den Schutz gegen Wind und Abtragung wesentlich herab und überliefert dafür die Unterlage der Insolation und der Wirkung von Temperaturschwankungen in viel weitergehendem Maße; doch sind deren Wirkungen infolge des gemäßigten Klimas wesentlich geringer als in den Tropen. Die Hauptarbeit leistet hier dagegen — neben Wind und der von

ihm bewirkten Austrocknung — der Frost, während die chemische Verwitterung wegen der meist kurzen Dauer der Bodendurchfeuchtung nur geringe Bedeutung erreicht. Und was hier für die Grasfluren gesagt ist, gilt in verstärktem Maße für die Wüsten, bei denen Vegetation und Regenfall ja zwar nicht ganz fehlen, aber höchst unregelmäßig und spärlich über Raum und Zeit verteilt zu sein pflegen.

Wenn wir oben als Hauptunterschied zwischen den Grasfluren und Wüsten der niederen und denen der mittleren Breiten die längere Dauer und das häufige Eintreten des Frostes angeführt haben, so müssen wir nun auch noch einer landschaftlich sehr wichtigen Folge dieses Frostes gedenken: des Auftretens von Schnee, der zeitenweise alle Farben der Landschaft ändern und die Formen mildern kann, der aber auch mittelbar stellenweise große Wichtigkeit für Pflanzenwelt und Abtragung erlangt, insofern nämlich die einzelnen im Laufe des Winters fallenden festen Niederschläge sich anhäufen und bei langsamer Schneeschmelze im Frühjahr den Untergrund zum Nutzen der Vegetation intensiv durchfeuchten können, selbst wenn die einzelnen Niederschlagsmengen an sich geringfügig gewesen sein sollten. Freilich kommt dieser Vorzug nur in verhältnismäßig windgeschützten Gegenden in größerer Ausdehnung zur Geltung, während in der Mehrzahl der Steppengebiete allerdings die Winde, die sich ja oft zu rasenden Stürmen steigern, die Schneemassen größtenteils entführen, wie solches z. B. Woeikof für die russischen Steppen hervorgehoben hat. In manchen Gebirgsgebieten trockener Räume der gemäßigten Region zeigen sich auch schon deutliche Anzeichen dafür, daß Regen oder namentlich Schmelzwasser des angesammelten Schnees abtragend wirken und Erosionsrinnen und Täler schaffen, während die geringere Verdunstung infolge niedrigerer Temperatur ebenfalls unter Umständen die Vegetation begünstigt. Eine weitere wichtige Folge tiefer Temperatur ist in vielen Wüstengebieten die Tatsache, daß auf salzigen Wasseransammlungen sich Eis bildet, das wegen seiner Armut an Salzen für Mensch und Tier die Möglichkeit zum Durstlöschen bietet und daher große Flächen für wilde Tiere wie für Karawanen zeitenweise weit zugänglicher macht, als sie es sonst sein würden.

Das wichtigste Charakteristikum der Verwitterung in den Steppen und Wüsten der gemäßigten Zone ist das Wirken des

Frostes, insbesondere die Sprengwirkung, welche in Spalten eingedrungenes Wasser beim Gefrieren auszuüben vermag. Es ist damit eine Art der mechanischen Verwitterung gegeben, die außerordentlich große Erfolge erzielt. Mächtige Felsen werden zersprengt, desgleichen kleinere, von Spalten durchzogen gewesene Gerölle und Gesteinsstücke; Sandsteine, Mergel, Tonschiefer u. dgl. können durch reichlich eingedrungenes Wasser beim Gefrieren zu einem feinen Gesteinsmehl umgewandelt werden. Aber auch für die Abtragung ist der Frost von großer Bedeutung: wie häufig werden durch die Ausdehnung von Wasser beim Gefrieren große Gesteinsblöcke oder ganze Abteilungen von Geröllhalden aus der Lage des stabilen Gleichgewichts an Gebirgshängen verschoben, so daß dieselben beim Auftauen abrutschen müssen; auch das langsame Kriechen (Abwärtsrücken) des Gesteinsschuttes und Bodens begünstigt der Frost nicht unwesentlich.

Sind, wie schon erwähnt, in der Grasflur der Tropen die Niederschläge und deren Ablauf, die Vegetation und die chemische Verwitterung kräftiger als in der gemäßigten Zone, so ist andererseits dagegen die abtragende und aufschüttende Tätigkeit des Windes verhältnismäßig geringer, indes die durch Insolation und Temperaturschwankungen bewirkte mechanische Verwitterung zwar an sich größer wäre, aber durch die Frostwirkung der mittleren Breite zumeist weit in den Schatten gestellt wird. Infolge der geringeren Befeuchtung der Steppengebiete und des meist weit tieferen Standes des Grundwassers fehlt das in den tropischen Grasfluren häufige Eingestreutsein einzelner Bäume und Baumgruppen; die Vegetation selbst ist dürftiger und die Zwischenräume zwischen den Pflanzenbüscheln meist noch größer; darum kann auch der Wind sich kräftiger entfalten, wie andererseits auch im Falle ausgiebiger Regenfälle oder stärkerer Schneeschmelze die abspülende Tätigkeit des oberflächlich abfließenden Wassers, sowie die Erosionstätigkeit der Bäche und Flüsse stärker wird. Es herrschen also für die Abtragung ähnliche, nur graduell verschiedene Bedingungen wie in der Wüste, und nur da, wo ansehnliche Schneedecken auftreten und ziemlich allmählich wegschmelzen, oder wo Gletscher hereinreichen, sind sie wesentlich verschieden. Dort kann bei starker Schmelzwasserdurchtränkung der Boden oberflächlich vollständig aufgeweicht werden, wie Sven Hedin in

Tibet beobachtet hat[1]), oder es kann die bekannte Wirkung des fließenden Eises eintreten — wenn freilich gewöhnlich in geringerem Maßstab, da die Niederschläge der benachbarten Gebirge zur Ernährung großer Gletscher nicht ausreichen. Sonst aber spielt der Wind sein Spiel, wie wir es früher schon bei Besprechung der Wüsten warmer Gebiete hervorgehoben haben; er bringt an Berghängen größere, durch die Verwitterung losgelöste Gesteinsstücke zum Abstürzen und Abrollen, er ruft ein Abrieseln von Sand und kleinen Steinchen hervor und hebt andererseits zahlreiche größere und kleinere Gesteinsteilchen auf und entführt sie, entgegenstehende Felswände angreifend und abnutzend. Feinen Staub aber hebt er hoch empor und trägt ihn in gewaltigen Wolken weithin über das Land. Andererseits aber findet oberflächlich abfließendes Wasser infolge der Seltenheit der Niederschläge jederzeit große Mengen losgelösten Gesteinsmaterials, so daß Spülung, Bäche und Flüsse nach Maßgabe ihrer Wassermenge sehr große Transportmassen bewegen können, die sie entweder perennierenden Flüssen überliefern oder aber in Mündungsseen abflußloser Becken führen, sofern sie nicht infolge übermäßiger Verdunstung oder Versickerung gezwungen werden, schon vorher ihre Transportmassen abzusetzen. Wo aber zerreibliche Tone anstehen, wie vielfach im trockenen Zentralasien, da beobachtete Sven Hedin auch wilde, vom Regen ausmodellierte Formen: unzählige kleine, zum Teil sehr eng werdende Täler mit senkrechten Wänden und unentwirrbare Durcheinander von Hügeln und Tonkuppeln, die aufs wildeste von unzähligen tiefen und engen Schluchten durchsägt werden: Es ist das alles wie in den warmen Wüsten, desgleichen oft der Salzgehalt des Bodens und der Seen, aber von Schutzrinden und Kalkkrusten, sowie innerer Verwitterung lesen wir aus diesen Gebieten nicht. Die ganze Eigenart der atmosphärischen Erscheinungen kehrt in den Wüsten der gemäßigten Zone ebenso wieder, wie sie in der warmen Zone sich zeigt; besonders machen sich die Wirkungen ungleicher Erwärmung einzelner Luftschichten oft ganz gleichartig geltend. (So berichtet Sven Hedin vom Selling-tso: „Nur die am Ostufer des Sees liegende Bergkette zeichnete sich deutlich ab, aber sie schien über dem Boden zu schweben und auf einer Luftschicht zu ruhen, die auf verwirrende

[1]) Im Herzen Asiens. Leipzig 1903, II, S. 189.

Art spielte und zitterte. Ebenso ist es mit den Kamelen, die zwei Kilometer westlich von uns marschieren; sie scheinen auf langen schmalen Stelzen zu gehen, und die ganze Karawane schwebt gleichsam in der Luft.“)

Wir verstehen daher auch leicht, daß die landschaftliche Erscheinung der Wüsten und Grasfluren niederer und mittlerer Breiten — abgesehen von pflanzlichen, tierischen und menschlichen Merkmalen — außerordentlich viel Ähnlichkeit zeigt. Auch die Abtragungsformen stimmen größtenteils durchaus überein. In den Gebirgsgegenden wird der geologische Bau vielfach sehr klar herauspräpariert, indem der Widerstand gegen mechanische Verwitterung hier im großen und ganzen (trotz mancher im Wesen der Frostverwitterung liegenden Unterschiede) etwa gleichartig die härteren Gesteine gegenüber den weicheren herausarbeitet, die einzelnen Felswände und Felsgipfel aber angreift und modelliert. Auch die Aufschüttung erfolgt unter ungefähr gleichen Bedingungen unter Herausbildung gleichartiger Formen, so daß Sanddünenlandschaften der mittleren und niederen Breiten in ihren morphologischen Einzelheiten völlig übereinstimmen können.

Steppen und Wüsten zeigen aber hinsichtlich der Aufschüttung doch nicht unwesentliche Unterschiede: die Lockermassen der Wüste sind ständiger Wiederaufnahme und Wiederentführung ausgesetzt, sind also in ewiger Wanderschaft begriffen; die Steppenebenen und die Becken, die als Aufschüttungsgebiete im Steppenland allein in Betracht kommen, weisen dagegen recht verschiedene Bedingungen auf: auf ihnen genügt der Vegetationsschutz zwar nicht, alles aus der Luft niedergefallene Transportmaterial festzuhalten — das zeigen uns deutlich die häufigen starken Staubwolken und Tromben dieser Gebiete —, wohl aber den größeren Teil, und indem die Steppengräser höher und höher wachsen, halten sie schließlich die ehedem gefallenen Staubmassen endgültig fest, während die oberirdischen Pflanzenteile neuen Staubmengen Schutz zu gewähren beginnen. So wachsen in den Grasgebieten nahe den staubliefernden Wüstenflächen die äolischen Absätze höher und höher empor und können im Laufe geologischer Zeiträume eine Mächtigkeit von Hunderten von Metern erreichen. Da diese Absätze äußerst wasserdurchlässig sind, so ist die Baumlosigkeit dieser Steppengebiete (einer der charakteristischsten Züge dieser Landschaftsart) leicht verständlich: die spärlichen Niederschläge

genügen nicht für größere Holzgewächse, und auch die längsten Wurzeln vermögen in solchen Lößgebieten nicht mehr das etwa am Grunde der äolischen Absätze vorhandene Grundwasser zu erreichen.

So muß denn die fast ebene oder ganz flachwellige Fläche, welche die beckenförmige Vertiefung des Geländes mit leichter Aufbiegung an den Rändern überdeckt, eine baumlose Grasflur tragen, und wo in mittleren und niedrigen Breiten vulkanische Lockermassen aus der Luft sich absetzen und weite Landflächen, namentlich aber Geländevertiefungen, in großer Mächtigkeit überdecken, da stellen sich wenigstens vor deren gründlicher Zersetzung dieselben pflanzengeographischen Erscheinungen ein — selbst wenn der Regenfall recht ansehnlich ist —, so daß man schon geradezu von einem vulkanischen Löß gesprochen hat.

Auch in morphologischer Hinsicht verhält sich dieser vulkanische Löß wie der typische Löß: dank der Neigung beider zur Herausbildung senkrechter Abbrüche und dank dem geringen Zusammenhalt ihrer Elemente vermögen nicht nur Bäche und Flüsse rasch sich tiefe und jähe Schluchten cañonartig zu schaffen, sondern es wandeln sich auch menschliche Naturwege leicht in tief eingeschnittene Hohlwege um, indem der Wind die durch den Fußtritt von Menschen und Lasttieren losgelösten mineralischen Partikeln immer wieder entfernt, denn auch im vulkanischen Lößgebiet entwickelt der Wind eine ansehnliche Transportkraft, obwohl dasselbe häufig nur aus edaphischen, nicht aber aus klimatischen Gründen zum Steppenland geworden ist. —

Wenn wir nach dem Bishergesagten uns ein Bild von der landschaftlichen Erscheinung der Steppen und Wüsten der gemäßigten Zone und von dem Einfluß des geologischen Baues darauf machen wollen, so können wir hinsichtlich der Wüsten ganz allgemein annehmen, daß landschaftliche Erscheinung und Stimmung, soweit die rein geologischen Landschaftselemente in Betracht kommen, der gleichen Art sind wie in den Wüsten der Tropen und Subtropen, und daß wenigstens in der warmen Jahreszeit nur die spärlichen biologischen Elemente einen wesentlichen Unterschied bedingen — in Ruhe wie im Sturm, für unser Auge wie für unser Gemüt. Im Winter dagegen wird durch Schnee oder Reif für unser Auge und — auch bei hochstehender Sonne — durch intensive Kälte für unser Gefühl ein wesentlich verschie-

dener Eindruck bewirkt, und die Stürme, deren Staubwolken zuweilen vollständige Finsternis erzeugen, gehören zu dem Furchtbarsten, was menschliche Erfahrung kennen gelernt hat.

In den Steppengebieten der mittleren Breiten treten all diese Erscheinungen schon gemildert auf, Schneefall und Reifbildung, auf den stellenweise nicht seltenen Seen und sonstigen Wasseransammlungen auch Eis, sind in diesen Gebieten im Winter häufig, und auf manchen großen Höhen Zentralasiens treten Schnee- und Hagelfälle selbst im Sommer verhältnismäßig oft auf. Den Winterstürmen der Steppengebiete, bei denen mehlartig feiner Schnee oder Eisnadeln in ungeheuren Massen bei großer Kälte mit furchtbarer Gewalt dahingetrieben werden, entsprechen bei dem exzessiven Klima derartiger Gebiete in der Alten wie in der Neuen Welt im Sommer oft intensive, langdauernde Hitzewellen und heiße Winde.

Der Einblick in den geologischen Bau ist, soweit das Gelände von geologischen Deckgebilden frei ist, meist sehr klar, da die vorherrschende mechanische Verwitterung und der Mangel an dichter Vegetation die Individualitäten der Gesteinsarten und nach Möglichkeit auch die Art des Gebirgsbaues deutlich hervortreten läßt. Auch für die steppenbedeckten Gebirge gilt dasselbe, wenngleich die Vegetation und der von ihr festgehaltene Boden einen leichten abschwächenden Schleier darüber ziehen. Wo immer aber geologische Deckgebilde in größerer Mächtigkeit entwickelt sind, da ist natürlich auch jeder Einblick in den inneren Bau versagt, und die verschiedenen morphologischen Gestalten der Deckgebilde von Schutthalden an bis zu Dünen und äolischen Ebenen beherrschen das Gesichtsfeld — an sich in durchaus gleichartiger Weise wie in den ariden Gebieten der wärmeren Länder und doch, wie es scheint, in verschiedenem Ausmaß. Wenigstens gewinnt man den Eindruck, als ob in den kühleren, dem Frost häufiger ausgesetzten Trockengebieten der Erde die mechanische Verwitterung doch wesentlich intensiver arbeitete als in den heißen Gebieten, so daß die Winde und der Regen nicht imstande sind, die massenhaften Verwitterungsprodukte zu entfernen. Während daher in den warmen Wüsten nicht selten auch in den Geländevertiefungen noch alle Verwitterungsreste fortgeweht sind, also der kahle Fels zutage tritt, sind in den frostreichen Wüstengebieten, besonders Zentralasiens, aber auch Mexikos und anderer Länder

sehr häufig die Berge und Gebirge fast erstickt unter ihrem eigenen Schutt, der in anfänglich steiler, allmählich sanfter werdender Böschung nach der tieferen Umgebung hinabkriecht, während nur die höchsten Erhebungen noch nackt darüber hinausragen und unter günstigen Umständen schon aus der Entfernung unmittelbar den inneren Bau verraten. Die nach unten sanft ausklingende Profillinie dieser gewaltigen Schutthalden kann von großer Schönheit sein, namentlich im Gegensatz zu manchen schroffen Felsformen der kahlen Gebirgsteile; in vielen Fällen aber beherrschen sie das Landschaftsbild fast allein oder haben etwa als einzigen Gegensatz die völlige Horizontale, die Ebene. Dann kommt in das Landschaftsbild leicht eine große Eintönigkeit, die trotz des großen Zuges des Ganzen und der erhabenen Weite des Blickes doch so ermüdend wirken kann, daß das Auge sehnend des Farbenspiels des Sonnenunterganges wartet und der Beobachter es voll Freude begrüßt, wenn nach Wochen völlig unbedeckten blauen Himmels die ersten Wolken wieder auftauchen und durch ihre Formen und Farben wie durch ihre Bewegung ein neues lebendes Element in das Landschaftsbild tragen.

Ähnliche Gefühle erwachen auch nicht selten in den unendlichen niederwüchsigen Grasfluren ebener Steppen, wo das Profil einer Jurte oder einer Karawane am fernen Horizont stundenlang das Auge immer wieder auf sich zieht und die verdorrte niedere Grasflur zu den Füßen des Wanderers höchstens beim Aufspringen eines flüchtigen Steppentieres etwas Leben zu gewinnen scheint. Und doch bietet dieser eintönige Steppenteppich für kurze Zeit im Jahr ein entzückendes und zuweilen selbst sehr abwechslungsreiches Bild: im Frühjahr, wenn die ersten Regen mit zauberhafter Schnelligkeit die Pflanzenwelt zum Leben erwecken, und ein Heer von Blumen sich im Windhauch wiegt, der einsamen Landschaft einen intimen Reiz verleihend, der es begreiflich erscheinen läßt, daß das Kind solcher Gebiete sie für die schönsten der Erde hält und den Preis der Schönheit jeder anderen Landschaft energisch abstreitet!

6. Das Hochgebirge der mittleren und niederen Breiten.

Wo in den durch ansehnlichen Regenfall ausgezeichneten Gebieten der mittleren und niederen Breiten Bodenerhebungen über die Region des intensiven Vegetationsschutzes hinausragen,

da ändert sich meist auch rasch der Charakter der Oberflächenformen: Die Rückenform verschwindet, schroffe Grate und Gipfel stellen sich infolge stärkerer Frostverwitterung und rascherer Abtragung ein; die chemische Verwitterung tritt stark zurück: das Hochgebirge ist an die Stelle des Mittelgebirges getreten. Steht diese Begriffsbestimmung auch nicht ganz im Einklang mit dem Sprachgebrauch, so mag sie doch an dieser Stelle genügen!

Eine scharfe Grenze zwischen beiden ist wohl nur in seltenen Fällen erkennbar, vielmehr sind in den meisten Gebieten an deren Stelle Übergangsregionen vorhanden, in denen eine allmähliche Abnahme des Vegetationsschutzes und damit der Mittelgebirgsbedingungen festzustellen ist. Das müssen wir besonders in solchen Gebieten annehmen, wo der Regenfall nicht zur Hervorbringung von Wald ausreicht, vielmehr Grasfluren und Gesträuchformationen an deren Stelle stehen, also Formationen, die selbst oft nur einen mäßigen Vegetationsschutz ausüben können: hier ist naturgemäß die Formendifferenz zwischen Hoch- und Mittelgebirge an sich schon geringer, und manchmal mag landschaftlich nur das Schütterwerden der Vegetationsdecke und das Auftreten alpiner Gewächse die Grenze etwas schärfer kennzeichnen. Viel klarer tritt sie in den Waldgebieten der Erde zutage, und man darf im allgemeinen die obere Grenze des geschlossenen Waldes als Scheidelinie zwischen Mittel- und Hochgebirge annehmen, denn mit ihr ist ein rascher Wechsel zu anderen Abtragungsbedingungen verknüpft, wenngleich natürlich auch hier Übergänge der Bedingungen vorkommen können. So kann man in den feuchten Gebieten Mexikos und Mittelamerikas im Zweifel sein, ob man die obere Grenze des geschlossenen Waldes überhaupt (etwa 3800 m) oder die des geschlossenen Laubwaldes (um 3200 m) als untere Grenze des Hochgebirges ansehen soll, da offenbar die Wurzelschicht des Laubwaldes kräftigere Schutzwirkungen ausübt als die des darüber befindlichen Nadelwaldes. Aber eine sichere Entscheidung ist kaum möglich, ehe nicht die Rolle der betreffenden Bäume und ihrer Wurzelsysteme für die Abtragung genau untersucht ist, und da in diesen Tannen- und Kiefernwaldungen der Hochregionen häufig Moospolster am Boden kräftigen Schutz gewähren, tut man wohl gut, sie noch der Mittelgebirgsregion einzugliedern.

In unseren Alpen müssen die obersten ganz lichten Waldpartien und die von ihnen ausgehenden Waldzungen und Einzel-

vorposten samt den alpinen Latschen-, Gesträuch- und Mattenformationen bereits unzweifelhaft dem Hochgebirge zugerechnet werden, da dort der Abtragungsschutz ebenso wie die chemische Verwitterung schon geringfügiger sind. Wir dürfen wohl sagen: Soweit in Gebirgsgegenden geschlossener Wald mit seinem intensiven Abtragungsschutz vorkommt, da kann man nicht im Zweifel sein, daß man sich noch in Mittelgebirgsgebiet befindet, und man erkennt aus dieser Überlegung, daß die obere Grenze der Mittelgebirge von den niederen nach den höheren Breiten hin sich ständig senkt wie die Waldgrenze, von der sie im allgemeinen nur geringen Vertikalabstand einhält.

Die Vegetation spielt jedenfalls im typischen Hochgebirge keine große Rolle mehr; in einzelnen Streifen, Bändern und Vorposten dringt sie zwar über die geschlossene Matten- und Sträucherregion hinaus in die Trümmer- und Felsregion hinein vor; aber für die Art der Abtragung und Verwitterung hat sie keine nennenswerte Bedeutung mehr. Hier herrschen Frost und Insolation (Besonnung) als die wichtigsten Faktoren der mechanischen Verwitterung, stellenweise auch wohl noch tief unter der klimatischen Grenze der geschlossenen Vegetationsformationen, wo nämlich pflanzenleere Fels- und Schuttmassen unter dieselbe und damit auch die orographische Untergrenze des Hochgebirges herabreichen.

Das Fehlen bzw. Zurücktreten der Vegetation gibt dem Hochgebirge in gewisser Hinsicht eine ausgesprochene landschaftliche Ähnlichkeit mit der Wüste; pflanzengeographisch gesprochen ist es auch tatsächlich eine Wüste, freilich bedingt nicht durch Mangel an Niederschlägen, sondern durch den Mangel an der für das Gedeihen der Pflanzenwelt notwendigen Wärme, durch die hohe Verdünnung der Luft mit ihren Folgen und den heftigen Wind. Überall tritt das anstehende Gestein in voller Klarheit und ganzer Individualität zutage; auf weite Entfernung kann man manche Eigenheiten des Gebirgsbaues feststellen, wozu manchmal die Farbendifferenz einzelner Bänke ein treffliches Hilfsmittel bietet. Andererseits kann man aber aus größerer Nähe oft die zartesten Kleinformen und Eigentümlichkeiten der Gesteine neben gröberer Gliederung in Rippen und Seitenrippen, Hohlkehlen u. a. feststellen, und wenn auch weite Flächen durch Schutthalden verdeckt zu sein pflegen, so ist doch der geologische Bau relativ leicht zu erkennen

— wenigstens in groben Hauptzügen, während die Einzeldeutung freilich trotz der genannten Erleichterungen infolge der Verwickeltheit des geologischen Baues oft den größten Schwierigkeiten begegnet.

In den höheren Regionen des Hochgebirges kommen zu den geologischen Deckgebilden selbst im Hochsommer noch häufig hydrologische, Schnee und Eis, in großer Ausdehnung dazu und bringen neue Farben- und Formenelemente in das Landschaftsbild, tragen auch durch ihre morphologische Betätigung nicht weniges zur Ausgestaltung des Oberflächenformenschatzes bei, verhüllen aber ihrerseits wieder — selbst noch im Hochsommer — weite Flächen vollständig.

Das Auftreten der Schneegrenze bringt in das Hochgebirge eine auch landschaftlich bedeutsame Gliederung in die Gebiete oberhalb und unterhalb derselben; die oberen Höhenregionen stehen, zum Teil wenigstens, ständig unter den Einflüssen des Schnees hinsichtlich der Verwitterung und der Abtragung, während dieselben in den unteren Regionen nur einen gewissen — manchmal freilich ziemlich lange dauernden — Teil des Jahres tätig sind.

Die besonderen Verhältnisse des Hochgebirges lassen die Verwitterungs- und Abtragungstätigkeit in sehr verschiedenartigen Formen vor sich gehen. Chemische Verwitterung und pflanzlicher Schutz gegen Abtragung treten in dem ganzen Gebiet sehr stark zurück; verhältnismäßig häufig spielt die Lösewirkung von Regen- und Schneeschmelzwasser eine größere Rolle, indem nicht nur Karrenbildungen und kleinere besondere Lösungsgebilde außerordentlich häufig in unseren Kalkgebirgen stark entwickelt sind, sondern auch unterirdische Lösungswirkungen und deren oberflächliche Folgen (Dolinen) nicht selten vorkommen. Meist aber überwiegt die rein physikalische Verwitterung durchaus: die Insolation, Austrocknung und Wärmeschwankungen lösen zahllose Gesteinstrümmer los und überliefern sie an den Steilhängen unmittelbar der Schwerkraft, so daß sie als Steinschläge niedergehen; Spaltenfrost bewirkt beim Auftauen des in den Spalten und Ritzen gefrorenen Wassers den gleichen Erfolg, und in vielen Fällen sprengt er selbst gewaltige Felsblöcke los oder zerteilt sie in mehrere Stücke; oberflächlich abfließendes Regenwasser entführt viele lockere Verwitterungsprodukte, andere trägt der Wind davon, der

in den großen Höhen ja häufig und mit bedeutender Stärke weht, große Schuttmassen trägt der Gletscher langsam talabwärts, Lawinen reißen nicht selten ebenfalls Verwitterungsprodukte mit sich, und Regen-, Schnee- oder Gletscherschmelzwasser durchtränken manchmal tonreiche Erdmassen so stark, daß sie in langsames Fließen geraten oder als wilde Muhren niedergehen; Bergstürze und Gletscherbrüche gehen zu Tal, und langsam kriecht das Material der Schutthalden nach abwärts.

Noch manche andere Transportart kommt hinzu, so daß wir wohl sagen dürfen, daß Verwitterung und Abtragung in den Hochgebirgsgegenden der Erde außerordentlich intensiv auftreten. Wir begreifen daher auch, daß wir — mit Ausnahme ganz jugendlicher Vulkane — keine Strukturformen in unseren Hochgebirgen mehr erkennen können, sondern dieselben trotz ihrer jugendlichen Bildung gewöhnlich als sehr stark angegriffene Ruinen vor uns sehen. Ruinenhaft ist denn auch der Eindruck, den gerade die Gipfelregionen solcher Gebirge machen, und die wilden Gipfel, Zacken und Türme, die scharfen Grate, die unruhigen, häufig gebrochenen Profillinien der Hochgebirgsbilder sprechen an sich schon deutlich von gewaltsamen, oft katastrophalen Vorgängen, die zur Herausbildung solcher Formen geführt haben müssen. Eben die Wildheit des Landschaftsbildes bedeutet für viele Naturfreunde den Hauptgrund ihrer Anziehungskraft, obgleich es oft schwer fallen dürfte, mit ästhetischer Begründung den Anspruch besonderer Schönheit für solche Bilder zu stützen. Auf alle Fälle schaffen sie aber eine tiefe Wirkung auf den Naturfreund dank der Größe ihrer Verhältnisse und ihres Reichtums an Farben und an Formen. Letztere sind für ein geologisch geschultes Auge zumeist von ganz besonderem Interesse, da sie in sehr vielen Fällen schon von weitem die Art des vorherrschenden Gesteins oder wenigstens der Gesteinsfamilie erkennen lassen, denn jede derselben entwickelt ja einen besonderen Stil der Formen, der aus dem verschiedenen Verhalten gegenüber der Verwitterung und Abtragung entspringt. Mit ungeheuer steilen, straff gezeichneten, äußerlich häufig kräftig gerippten oder deutlich gebankten Wänden steigen die Kalksteinberge zu weitgreifenden geschwungenen scharfen Graten und kantig umschriebenen, plumpbreiten, seltener spitzen Gipfeln empor, indes die Dolomite häufig zu architektonisch wirkenden, nach oben zuweilen fast horizontal ab-

schließenden Zinnen und Türmen aufstreben oder in senkrechten Wänden von hoch oben abbrechen, während ungeheure Schutthalden mit steil abfallenden, aber weithin geradlinigen Profilen in die reiche Summe wilder und vielgebrochener Linien ein Element größerer Ruhe und Gesetzmäßigkeit bringen. Schieferberge enden nach oben hin häufig mit schroffen, durch vereinzelte hervorragende härtere Schichten fast zerfranst aussehenden Gipfelgraten, weichere Mergel oder Tone aber mit sanft gezeichneten Kurven in Kuppen, Köpfen, Rücken u. dgl. m. Sehr viel trägt zur Gestaltung des Landschaftsbildes auch die Art der Bankung und des Schichtenbaues bei: aus großer Entfernung verraten sich oft schon streckenweise horizontale Kalkbänke in zahlloser Wiederholung oder wenigstens horizontal erscheinende Abbrüche geneigter Schichten; zuweilen erscheinen auch steile Bergabstürze vielfach gestuft, terrassiert, soweit nämlich härtere und weichere Schichten in mehrfachem Wechsel zusammen auftreten, oder es treten oberhalb besonders leicht verwitterbarer Schichten selbst stark überhängende Schichten (Balmen) heraus. Damit kommt ein Element auffälliger Gesetz- und Regelmäßigkeit in die sonst so regellose Gebirgslandschaft. Nicht selten bemerkt man auch im Kalk- und Dolomitgebirge vorragende Gesimse und tief einschneidende, weit sich hinziehende Einbuchtungen im Profil der Steilwände dank dem verschiedenen Widerstand der einzelnen Bänke gegen Frostverwitterung. Sehr häufig fallen außerdem aus der Ferne schräggestellte oder steil aufgerichtete Gesteinsbänke auf, und zuweilen, wie z. B. bei der Alpspitze im Wetterstein, wird die eine Abdachung der Gipfelpartie von den Schichtflächen, die andere von den Schichtköpfen gebildet, wodurch höchst wirksame Gipfelprofile entstehen: auf der einen Seite eine steilgeneigte geradlinige Kontur, jenseits der scharfen Spitze aber eine unruhige, steil abbrechende Konturlinie, an der zahlreiche, etwas härtere Bänke kräftig heraustreten. Weit häufiger sieht man Gipfel und Grate, die in ihrer ganzen Erstreckung steil aufgerichtete Schichtenenden aufweisen, von denen einzelne stets widerstandsfähiger als die umgebenden sind, so daß die Konturlinie etwas unregelmäßig Zackiges, Gezähntes erhält. Da und dort erblickt man auch prachtvolle Bilder von Falten, Sätteln und Mulden in den verschiedenartigsten Ausbildungen, härtere Gänge oder Adern bis zu bedeutender Höhe herauspräpariert, Verwerfungen von vielleicht

beträchtlichem Ausmaß der Sprunghöhe zuweilen ganz deutlich an großen Felswänden ausgesprochen oder aber auch wohl Transgressionen, bei denen die Überlagerung etwa einer erodierten Faltengebirgsoberfläche durch flachgelagerte Sedimentbänke sichtbar wird.

So tritt denn häufig ein gut Teil des geologischen Baues in den Hochgebirgslandschaften unmittelbar zutage, weil der Mangel der Vegetation und die Steilheit der Böschungen die nackten Gesteinsoberflächen deutlich erkennen lassen. Aber auch die für die verschiedenen Gesteine recht verschiedenen Maximalböschungen verraten manchmal bis zu einem gewissen Grade Änderungen im Gesteinscharakter und nicht minder manche Kleinformen der Verwitterung einzelner Gesteine.

Neben die feinere Modellierung des nackten Felsgebirges, die hauptsächlich durch die Verwitterung und die Abtragungsvorgänge der Schwerkraft, des spülenden Wassers und des Windes bewirkt wird, tritt eine gröbere, die teils aus langgehäufter Wirksamkeit der genannten Agenzien entspringt und bis zur völligen Zerschneidung langer Kämme in Einzelgipfel führen kann (z. B. Churfirsten), teils aber durch die Erosionstätigkeit des fließenden Wassers und Eises bewirkt wird und bedeutende Hohlformen aus dem Körper des Gebirges herausschneiden kann. Erstere sind meist sehr tief eingeschnittene Täler, an denen sichtlich die Tiefenerosion noch energisch weiter arbeitet; ihnen ist in erster Linie die genauere Gliederung des Gebirges zu danken. Obgleich die Richtung und Verzweigung der Täler teils durch die allgemeinen Neigungsverhältnisse der ursprünglichen Gebirgsoberfläche, teils durch Verwerfungen oder andere Störungen des inneren Baues ursprünglich angelegt sind, so werden sie in ihrer weiteren Ausbildung doch immer wieder durch die Besonderheit der anstehenden Gesteine und ihrer Lagebeziehungen intensiv beeinflußt, so daß indirekt auch hier der innere Bau äußerlich mehr oder weniger deutlich sich wieder im Landschaftsbild ausprägt.

In stärkstem Gegensatz zu den vom fließenden Wasser ausgearbeiteten tief eingerissenen Erosionstälern stehen die breit ausgehöhlten, gerundeten Hohlformen, welche das fließende Eis geschaffen hat. Wenngleich wir die subglaziale Erosionstätigkeit nicht unmittelbar beobachten können, wie etwa die des fließenden Wassers, und wenn auch über das Maß der Wirksamkeit fließenden

Eises und seine formgestaltende Kraft noch viele Unsicherheit herrscht, so sind doch die Kare, die Trogtäler usw. als glaziale Formen mit vollster Sicherheit erkannt. Ihre Züge sind so unverkennbar, daß sie auch in Gebieten, die jetzt tief unter der Schneelinie liegen, meist leicht festzustellen sind selbst in Fällen, wo die neu einsetzende Verwitterung und Abtragung, sowie etwa die Besiedelung durch Pflanzen das ursprüngliche Formenbild schon nicht unwesentlich umgestaltet hat. Deutlich erkennt so oft noch das geschulte Auge des Morphologen die Lage und Wirkungen ehemaliger Gletscherkörper; es sieht, wie so manchmal benachbarte Kare zusammengewachsen sind, wie so manche Schärfung und Einsenkung der Kämme durch gegenständige Lage von Karen oder Firnbassins erzeugt worden sind u. dgl. m. Frische Glazialformen sind dagegen so offenkundig, daß selbst ein weniger geübtes Auge sie leicht feststellen und demgemäß in mancher Hochgebirgslandschaft ihre bedeutende Einwirkung auf deren Gesamtanblick nachweisen kann. Die mit straffen, weithin fast geraden Linien einem spitzwinkeligen unteren Zusammenschluß zustrebenden Konturen des Querschnitts bedeutenderer Flußerosionstäler, die oft zu den landschaftlich wirksamsten Elementen von Hochgebirgsbildern gehören, stehen in außerordentlich starkem Gegensatz zu der breiten gerundeten, seitlich oft durch sehr hohe Steilwände begrenzten Muldenform von Glazialtälern, beide aber, dank der kraftvollen Zusammenfassung einheitlicher Wirkungen, in nicht minder starkem Gegensatz zu den unruhig wirkenden, vielfach gebrochenen Kammlinien, die als der Enderfolg recht verschiedenartiger Kräfte anzusehen sind.

Große Formengegensätze tragen fernerhin die Deckgebilde in die Landschaft hinein, vor allem die geologischen, von denen einzelne durch einfache gesetzmäßige Böschungsverhältnisse ausgezeichnet sind, wie die Schutthalden und die Schuttkegel, und dadurch eine angenehm wirkende Abwechslung in das formenreiche Hochgebirgsbild bringen. Manche einfache Oberflächengestaltung, namentlich häufig bogenförmig gekrümmte Wälle, schaffen die Absätze der Gletscher, die Moränen, die freilich an anderen Stellen wieder recht unregelmäßige Haufwerke von Schutt hervorrufen und von weitem manchmal fast den Eindruck von Bergsturzabsätzen machen können. Selbst kleine alluviale Talebenen sind dem Hochgebirgsbild nicht fremd, so z. B. in dem

Falle, daß irgend eine harte Bank dem Einschneiden des Flusses großen Widerstand leistete und deshalb, das Wasser aufstauend, die von oben kommenden Gerölle zum Absatz brachte.

All diese geologischen Deckgebilde helfen die Formenmannigfaltigkeit des Hochgebirges heben, seine ästhetischen Wirkungsmöglichkeiten steigern; aber meist ist infolge der bedeutenden Vertikalerhebungen auf engem Raum wenig Gelegenheit zu starker Entwickelung derjenigen unter ihnen, die sich der Horizontalität nähern, weil die Wiederabtragung oft sehr bald einsetzt. In der Tat bemerken wir auch nicht selten besondere Landschaftsformen im Bilde, die eben durch solche Prozesse verursacht sind: Talterrassen erinnern uns an das ehemalige Vorhandensein von Talebenen; die wunderbaren, enorm steilen Stiele der meist steingekrönten Erdpyramiden erzählen uns von der zerstörenden und abtragenden Wirkung, die starke Regengüsse in Moränenabsätzen oder sonstigen leicht zerfallenden Schuttmassen (ja zuweilen auch in anstehenden lockeren Gesteinsarten) ausüben können; Runsen aber greifen vielfach wieder Talterrassen oder Moränenzüge an, und Flüsse entführen infolge von Laufveränderungen oft in kurzer Frist bedeutende Teile von Schuttkegeln oder Schutthalden.

Andererseits aber kommt es auch nicht selten im Hochgebirge vor, daß ein niedergehender Bergsturz einen Fluß zum lang ausdauernden See aufstaut, oder daß sich größere Wassermassen in den Vertiefungen einzelner Kare hinter dem Moränenwall oder aber in sonstigen Vertiefungen des Geländes ansammeln. So entstehen dann räumlich beschränkte, aber landschaftlich oft ungemein wirkungsvolle hydrologische Deckgebilde: Seen, von denen freilich manche einer baldigen Verlandung entgegensehen.

Sehr viel ausgedehnter ist das Reich der festen hydrologischen Deckgebilde, des Schnees und Eises. In vielen Hochgebirgsgegenden nehmen sie weite Flächen ein, in anderen beherrschen sie selbst das ganze Gesichtsfeld: einmal durch ihre Farbe, das samtartige, im Sonnenschein gleißende, im Sonnenschatten oft bläulich erscheinende Weiß des Schnees und Firns, dem sich nur selten größere Flächen glänzenden, bläulichen, aperen Gletschereises beigesellen, dann aber durch ihre Formen, die ein weiches, besänftigendes Element in dem Kampf der starren, gebrochenen Gipfel-, Kamm- und Gratlinien darstellen. Zahllose schroffe Felszacken und Vorsprünge, Vertiefungen und Rinnen

verdeckt die dicke Masse des Firns vollständig; indem sie aber so die Formenmannigfaltigkeit des Bildes herabsetzt, verhüllt sie nach Ansicht vieler Bergfreunde nur das Zuviel an schroffen Felsgebilden und hebt damit das Bild im Gegenteil zu höherer Stufe der Schönheit empor; die weichen Linien der Schnee- und Eiskonturen schaffen wirkungsvolle Gegensätze gegenüber den harten des Felsgesteins; das helle Weiß hebt sich kräftig ab von dem tiefen Dunkel des benachbarten Felsgerüstes, dem braunen Schiefer, dem grauen Kalk, den roten Porphyren usf.; und wenngleich in der Tat eine Menge von Einzelheiten derselben vollständig unter dem Firnmantel verschwindet, so treten doch die stärkeren Böschungsunterschiede der Unterlage meist in höchst reizvoller Verschleierung noch hervor, und bläuliche Schatten heben sie bei Sonnenschein oft sogar recht kräftig heraus. Auch die Schneefelder selbst bieten an steilen Hängen durch Schneerillen und Lawinenzüge mancherlei Abwechslung, und zuweilen, so am Rande eines klaffenden Firnschrunds oder auf steiler Firnschneide, entsagt auch der Schnee den weichen Formen und bricht in jäher Kante ab. Häufiger geschieht dies beim Gletscher, dessen Spalten, Abbrüche und Serracs an unzähligen Stellen davon Zeugnis ablegen: und doch bekunden sie ihre Natur als fließendes Eis oft schon aufs deutlichste in den geschwungenen Linien ihres Querprofils, ihrer Zungenränder, ihrer Ogiven, ihrer Seiten- und Mittelmoränen. Ein Blick vom Gornergrat oder von einem ähnlich günstigen Aussichtspunkt auf die unter dem Beschauer liegende Gletscherwelt bringt diese Momente alsbald ins richtige Licht, obgleich der Besucher des Gletschers selbst oft wegen mangelnder Übersicht aus der Nähe den Eindruck des Überwiegens schroffer Formen erhalten mag. Ihm erschließt sich aber an Spalten oder in Gletschertoren oft der Einblick in die wundervolle blaue bis grüne Eigenfarbe des Gletschereises und manche Einzelheiten seiner Struktur (wie Blaublätter, Weißblätter usw.); auf der Oberfläche fallen ihm oft besondere Bildungen des dort lagernden Schuttmaterials, wie Gletschertische, in die Augen und in höheren Lagen auch wohl schön geformte Schneebrücken, Eiszapfenbildungen u. dgl.

Trotzdem also auch die Gletscher- und Firnwelt reich an Schönheiten und Gegensätzen ist, so muß man doch zugeben, daß eine Wanderung in ihrem Gebiet — insbesondere wegen des ständigen Vorherrschens derselben Farbe — eine gewisse Eintönigkeit

bietet. Doch ist der Eindruck des Erhabenen und der Einsamkeit in Firnregionen oft so groß, daß der von diesen Reizen gefangengenommene Naturfreund diese Gebiete für weit schöner und anziehender zu betrachten pflegt als etwa benachbarte Felsgebirge, die wieder anderen Bergfreunden als der Gipfel landschaftlicher Schönheit erscheinen. Es ist ja freilich zweifellos, daß hier der Formenreichtum sehr viel größer ist, in vielen Fällen auch der Farbenreichtum, soweit nämlich die anstehenden Gesteine sich durch ausgesprochene Farbentöne unterscheiden. Allein die Farbtöne sind mit Sicherheit nur aus der Nähe als solche zu erkennen, während sie aus der Ferne gesehen je nach der Beleuchtung die verschiedensten Farbnuancen zeigen; habe ich ja doch z. B. die kahlen Kalke der Wettersteinwand schon manchmal fast weiß, in anderen Fällen gelblich, rosa, rot, bei Föhn fast dunkelblau gesehen, indes die gewöhnliche Farbe ein ausgesprochenes Grau ist.

Wenn wir das Bisherbesprochene überblicken, so kommen wir zum Schluß, daß das Hochgebirge zwei gegensätzliche Ausbildungsweisen besitzt: im Felsgebirge zeigt es das Gesicht der Wüste, im Firn- und Gletschergebiet mehr das Gesicht einer Polarlandschaft, und jede dieser beiden Ausbildungsweisen, die Fels- wie die Eis- und Schneewüste, hat ihre besonderen Schönheiten, deren einwandfreie Abwägung außerordentlich schwer fallen dürfte, zweifellos auch in Einzelfällen zu recht verschiedenen Urteilen führen müßte. Das Schöne ist aber eben am Hochgebirge, daß ungemein häufig beide Seiten gleichzeitig in einem Landschaftsbilde vereinigt sind, und daß damit eine ungewöhnliche Mannigfaltigkeit der verschiedenartigsten Formen und Farben unter häufig sehr schöner Gruppierung der Einzelelemente gegeben ist. Die Mannigfaltigkeit der Wolken- und Nebelbildungen, wie der Beleuchtungen erhöht noch oft den Eindruck solcher Bilder.

Dazu kommt aber noch weiterhin, daß zum eigentlichen Hochgebirge doch auch biologische Elemente treten: außer Hochgebirgstieren der verschiedensten Art (die sich ja auch zuweilen im Firn- oder Felsgebiet blicken lassen) und hochgelegener Almen finden sich manche niedrige Pflanzen in größerer Zahl an Felswänden (z. B. Flechten), auch wohl gelegentlich vereinzelte Blütenpflanzen in den Ritzen sonniger Felsgruppen angesiedelt; dann aber folgen die Vorposten der kräftigen Vegetation niedrigerer Höhengürtel, so in unseren Alpen die Region der Matten, der Latschen

und Alpenrosen, der einsamen Wettertannen und Zirbelkiefern, der aufsteigenden schmalen Fichtenwaldungen, in Mexiko und Mittelamerika der Gürtel der Grasfluren mit stellenweise noch eingestreuten Kiefern und Wachholdern, in Südamerika die Paramos usf. So kommen noch weitere Formen- und Farbenelemente in das Hochgebirgsbild, noch weitere Gruppierungsmöglichkeiten desselben, neue Reize, neue Anregungen.

Aber auf vielen unserer Hochgebirgsgipfel geht der ästhetische Eindruck der Aussicht noch darüber hinaus, denn diese reicht nicht nur über die verschiedenen Haupttypen der Hochgebirgslandschaft, sondern zeigt häufig außerdem noch in inniger Durchdrängung die verschiedensten Landschaftstypen tieferer Regionen; sie fügt den Formenschatz weicherer Mittelgebirgslandschaften dem herberen des Hochgebirges hinzu, öffnet nicht selten den Blick in liebliche Täler des tieferen Landes mit freundlichen Dörfern, grünen Wiesen, gelben Feldern oder läßt ihn vielleicht noch weit hinausschweifen in das ebenere Vorland mit seinen Städten und Gehöften, seinen Burgen und Klöstern, seinen Seen und Mooren, seinen Feldern und Wäldern. Ein solches Bild zeigt uns dann einen Ausschnitt aus der Natur, wie er in solcher Mannigfaltigkeit der Elemente und Eindrücke nicht leicht wieder anderwärts zu finden ist, eine Landschaft reich an den verschiedensten Formen und Farben, eine Landschaft, welche die Elemente der Kultur neben einer weit ausgreifenden ungebändigten Natur unserem Auge zugleich zeigt, und all das mit einer Farbenabwechslung und -abstimmung, die auch das verwöhnteste Auge noch zu befriedigen vermag. Kein Wunder, daß es so viele gibt, welche derartigen Hochgebirgsaussichten den Preis landschaftlicher Schönheit auf Erden zuschreiben möchten!

7. Die subpolare und polare Landschaft.

Als ich zum ersten Male ein subpolares Land — Island — betrat, da war es für mich eine große Überraschung, unmittelbar an der Küste schon eine Landschaft zu finden, die mich — trotz streckenweise geringer Böschungen — in vielen Zügen an eine Hochgebirgslandschaft erinnerte: So weit auch das Auge blickte, kein einziger Baum; trotz des vorgeschrittenen Hochsommers schon wenige hundert Meter über mir große Schneeflecken, deren

Weiß in auffallendem Gegensatz zu dem umgebenden Grün der Grasfluren und Heiden stand; nicht viel höher darüber hörte schon alle Vegetation auf, und kahl blickten die verwitterten Berggestalten mit ihren steilen Hängen und ihren teils sanft geschwungenen, teils gebrochenen und jäh aufragenden Konturlinien zu uns herunter, während über das Meer herüber die schneebedeckte, umgletscherte herrliche Kegelgestalt eines jugendlichen hohen Vulkans herüberschaute. Die vulkanische Natur des Landes, die bei der Weiterreise sich auf Schritt und Tritt bekundete, gab der Landschaft zwar allenthalben eine ganz besondere Note, sei es, daß man über weite vegetationslose Lavafelder ritt, oder nahe kleine vulkanische Kegelchen in großer Zahl oder vereinzelt ferne große Vulkanberge erblickte, oder daß Schwefelquellen, Schlammsprudel und Geysire neben unserem Wege spielten; aber wenn man davon absah, so blieb als wesentlichster Charakterzug der Landschaft doch der des Hochgebirgsartigen übrig; dieser Eindruck wird noch dadurch verstärkt, daß man allenthalben bis zum Meeresspiegel hinab Spuren einstiger glazialer Betätigung findet in Form von Moränen, Gletscherschliffen, Rundhöckern u. dgl., woraus man auf eine einstige völlige Vergletscherung des gesamten Gebietes — freilich in einer Zeit vor dem Erguß zahlreicher frischer Lavaströme — schließen muß. Aber nicht bloß die genannten Zeichen des Wirkens der in unseren Hochgebirgen tätigen Naturkräfte, sondern selbst die menschliche Wirtschaft erinnern uns an unsere Gebirgsalmen, indem wir, abgesehen von der handeltreibenden Stadt und den kleinen Fischerdörfern, auf unserer Reise ausschließlich einsame Farmen von Schafe, Rinder und Pferde züchtenden Bauern berühren. Auf mancher derselben könnten wir dem Augenschein nach vermeinen, auf einer alpinen Alm zu sein, wenn nicht die Bauart der Farm, insbesondere die steilen, rasengedeckten Giebeldächer uns daran erinnerten, daß hier doch wesentlich andere Klimaverhältnisse herrschen, denen man durch andere Bauart begegnen muß; und noch anderes fällt uns wohl auf, so vor allem (neben der Verschiedenheit vieler Pflanzenarten) das frische Grün und das üppige Wachstum der eingezäunten großen Wiese bei der Farm; es ist das der „Tun“, die gedüngte Wiese, deren Gras gemäht und zu Heu gemacht werden soll, um dem Vieh als Winterfutter zu dienen, da dasselbe ja nicht wie das Vieh unserer Almen beim Herannahen der kalten Jahreszeit

in günstigere Winterquartiere gebracht werden kann. Und wenn wir den Boden genauer betrachten, so fällt uns auch hier ein Unterschied auf: die Rasenfläche zeigt eine große Menge kleiner, ziemlich steiler und oft linienhaft angeordneter, oft unregelmäßig zerstreuter Hügelchen („Thufa", Frosthügelchen), die offenbar durch Gefrieren des in kleinen Hohlräumen des Bodens enthaltenen Wassers entstehen, und wenn sie, wie meist im Tun, künstlich ausgeebnet worden sind, in wenigen Jahren wieder erscheinen. In einiger Entfernung von der Farm sehen wir auch wohl einen merkwürdigen lokalen Wechsel von vegetationslosen Geröllböden oder Lavafeldern und ausgedehnteren, einige Fuß höher gelegenen Rasenflächen, denen vielleicht da und dort auch noch kleinere Vegetationsinseln in der Höhe der Nachbarwiese vorgelagert sind: ein landschaftlich höchst eigentümlicher Anblick wegen des Gegensatzes zwischen dem Grün der Wiesen, dem Grau bis Gelb des sandigen Bodens und etwa noch dem Schwarz der Lava im Untergrund und wegen der eigenartig jäh gebrochenen Profillinie der Gebilde. Wenn wir näher herantreten, bemerken wir, daß hier der Wind den Rasen unterwühlt hat, und daß haltlos gewordene Rasenstücke bogenförmig gekrümmt über die Ränder vorkragen, bereit zu baldigem Abbrechen, während der gerade herrschende Wind vor unseren Augen den Rasen weiter unterwühlt. Und wenn wir etwa am folgenden Tage stundenlang in trockenem Sandnebel reiten oder gar in einen schweren Sandsturm geraten, so erkennen wir auch unmittelbar an dem auf unseren eigenen Kleidern erfolgten Absatz vulkanischen Staubes, daß offenbar der ganze Boden unserer Nachbarschaft durch äolischen Absatz windgetragener vulkanischer Sande und Staubmassen aus den ungeheuren Wüsten des Inneren der Insel entstanden ist, und die prachtvollen farbenglühenden Sonnenuntergänge zeigen uns zudem fast täglich an, daß wir uns hier im Bann eines Wüstengebietes befinden.

Wenn wir ein wenig in dasselbe eindringen, bemerken wir, daß trotz des subpolaren Charakters der nur ganz spärlich auftretenden Pflanzen- und Tierwelt die Erscheinungen der Wüste im großen und ganzen gleichartig sind wie in niedrigeren Breiten. Und doch müssen wir uns bald davon überzeugen, daß diese Gebiete, die freilich wegen des kühlen Klimas an sich schon nahe der oberen Grenze höheren Pflanzenwachstums stehen, ja sie in weiten Teilen überragen, großenteils nur wieder aus örtlichen

Gründen, nämlich der außerordentlichen Wasserdurchlässigkeit der Sandflächen, Geröll- und Lavafelder, zur Wüste geworden sind; denn zuweilen treffen wir in ihren tieferen Teilen grüne Grasflecke von größerer Ausdehnung, und eine genauere Untersuchung zeigt uns dann meist, daß es Stellen des Geländes sind, in denen das Grundwasser zutage tritt. Und daß das Klima der nordischen Insel verhältnismäßig niederschlagsreich ist, zeigt uns wohl häufig die eigene Erfahrung, indem uns oft tagelang starker Regen am Reisen hindert, sowie die Beobachtung des Gletscherphänomens auf der Rieseninsel. In manchen Fällen sind die Gletscher ganz gleichartig wie in unseren Alpen; insbesondere bemerken wir häufig kleine Hängegletscher an steilen Berghängen, und prachtvoll erhaltene Karnischen an den gewaltigen Seitenwänden der nordwestlichen Fjorde der Insel zeigen uns, daß diese Gebilde früher eine weit größere Verbreitung gehabt hatten als gegenwärtig. Weit spärlicher beobachten wir Talgletscher von der Art, wie wir sie in den Alpen zu sehen gewohnt sind, und nirgends erlangen sie infolge der besonderen Geländeverhältnisse eine große Bedeutung; vergeblich suchen wir daher auch auf Island nach den gewaltigen, durch steile seitliche und rückwärtige Felsenwände abgeschlossenen Firnbecken, die in unseren Alpen oft eine so große Entfaltung erlangen; vielmehr tritt das Gletscherphänomen da, wo es auf Island und klimatisch ähnlichen Subpolargebieten kräftig entwickelt ist, meist in anderen Formen auf: entweder lagern sich gewaltige Eismassen auf ausgedehnten Plateaus unter teilweiser Abhängigkeit von deren Oberflächengestaltung und entsenden nach verschiedenen Tälern ihre Gletscherzungen herab wie der Torfajökull, oder aber sie bilden ungeheure konvexe Eismassen, die in sanfter Wölbung vom umgebenden Land aus aufsteigen und völlig unabhängig von der Gestaltung des von ihnen bedeckten Geländes wie riesenhafte weiße Schilde oder Schildkröten in der Landschaft liegen. Nur an wenigen Stellen ragen einzelne hohe Felsengipfel als Inseln aus dem Eismeer, wie dem Vatnajökull, Merkurjökull u. a. hervor.

Den gewaltigen Dimensionen dieser Eisgebilde entsprechen aber auch die meisten ihrer Begleiterscheinungen: ansehnliche Schmelzwasserbäche durchziehen in tiefen Furchen die Oberfläche und gliedern sie, wo sie spaltenfrei sind; bedeutende Schmelzwasserflüsse entströmen den Riesengletschern und durchziehen

in ungezählten Vergabelungen die weiten Sandflächen, deren Sand- und Schuttmassen sie in Zeiten großer Überschwemmungen in gewaltiger Ausdehnung aufgebaut haben.

Nur eine ihrer Begleiterscheinungen bleibt zuweilen weit unter den Erwartungen: die Moränenbildungen am glatten, dem Hochlande aufliegenden Oberrande, während die manchmal fast bis zum Meeresspiegel hinunterreichenden Gletscherzungen des seeseitigen Randes wieder vielfach von mächtigen Moränenwällen begleitet sind.

Bei der Dürftigkeit oder dem völligen Fehlen der Pflanzendecke und dem Zurücktreten chemischer Verwitterung bringt sich die Eigenart der Gesteine und der geologische Bau allenthalben deutlich zum Ausdruck, namentlich heben sich die leicht verwitterbaren, zu unruhigen Hang- und Bergformen neigenden Gebilde der Palagonitformation meist sehr deutlich von den jüngeren Vulkangestalten und den älteren, aus regelmäßig übereinander gelagerten Lavabänken aufgebauten Basaltformationen ab, und am schönsten sieht man natürlich jede Form- und Farbenverschiedenheit an großen Steilwänden. Prächtig zeigen sich z. B. an dem Explosionsgraben Eldgjá die jungen basaltischen, Plateaux und Einzelhügel gleichmäßig überdeckenden Übergußmassen auf dem helleren Braun der Palagonitformation; herrlich sieht man an den gewaltigen Steilwänden der Küsten die Bänke der Basaltformationen, auch wohl beim Kap Tjörnes sedimentäre Zwischenlagerungen aufgeschlossen oder an der Ostküste zwischen Seydisfjördur und Eskifjördur die Durchbrüche und Überlagerung schwarzer Basaltmassen durch und über rötliche Liparite.

Die Rolle der Vegetation im Landschaftsbild an sich, wie auch hinsichtlich der Formenherausbildung der Erdoberfläche ist übrigens auf dieser subpolaren Insel dank der reichlichen Feuchtigkeit des Klimas keineswegs gering; sie übertrifft diejenige der Pflanzendecke unserer Hochgebirge entschieden, und zwar hauptsächlich deshalb, weil sie sich doch vielfach über Gebiete mit mäßigen, ja ganz geringfügigen Neigungen ausbreitet; infolgedessen ist auch die Schutzwirkung im allgemeinen stärker, Rutschungen im Vegetationsgebiet seltener, die Ausbreitung der dichtbewachsenen und deshalb im sommerlichen Landschaftsbild durch die grüne Pflanzenfarbe kräftig hervortretenden Flächen größer, obgleich die vertikale Erstreckung derselben die unserer Hochgebirgsvegetation kaum

übertrifft. Eine weitere Folge des verhältnismäßig häufigen Vorkommens ebener und fast ebener Flächen, sowie der reichen Bewässerung der Insel ist das Auftreten ausgedehnter Sümpfe und Torfmoore, dergleichen wir in unseren Hochgebirgen zumeist vergeblich suchen würden.

Wälder, die auch auf Island nicht ganz fehlen, sind von geringer landschaftlicher und morphologischer Bedeutung, da sie nur an wenigen windgeschützten Stellen gedeihen können. Auch vor der menschlichen Besiedelung ist ihre Ausbreitung nicht allzu groß gewesen.

Dagegen sind Moose und Flechten auf Island von weit größerer landschaftlicher Wichtigkeit als in unserem Hochgebirge: sie bedecken für sich allein ansehnliche Flächen und können an steilen felsigen Berghängen für den Fernstehenden den Anschein einer Bewachsung mit höherer Vegetation erwecken. Zuweilen wachsen übrigens die Flechten in dem feuchten Klima so dicht und hoch, daß sie fußdicke Polster über ihrer Unterlage bilden und einen außerordentlich intensiven Abtragungsschutz ausüben, z. B. vulkanische Schlackenkegel in unangetasteter Urform lange bewahren.

Fassen wir die Eindrücke zusammen, die der Besuch dieser subpolaren Insel auf uns macht, so finden wir, daß trotz der vielfach andersgearteten und weit großartigeren Entwickelung des Gletscherphänomens und trotz mancher Unterschiede in Pflanzendecke und Neigungsverhältnissen doch der Gesamteindruck in vieler Hinsicht der einer zum Meeresniveau herabgedrückten Hochgebirgslandschaft ist, in der der geologische Bau sich vielfach außerordentlich deutlich schon äußerlich erkennbar macht.

Und als es mir später vergönnt war (mit einer Exkursion des 11. Internationalen Geologenkongresses), in die eigentliche Polarwelt vorzudringen, da hatte ich wiederum den Eindruck einer Hochgebirgslandschaft — freilich einer Hochgebirgslandschaft mit gewaltiger Entwickelung des Gletscherphänomens, einer Hochgebirgslandschaft, deren untere Lagen bereits tief unter den Spiegel des Meeres hinabgetaucht wären. —

Nachdem wir vor Spitzbergen in der Höhe des Eisfjords viele Stunden lang in dichtem Nebel gelegen hatten, erblickten wir, als plötzlich der Nebel zerriß, gegen Mitternacht eine mehrere hundert Kilometer lange Gebirgskette mit scharfen Bergspitzen und riesigen, hellglänzenden Gletschern, die eine ungewöhnlich große

Fläche in der Landschaft einnehmen und meist in breiter Front bis ans Meer vordringen, wo sie jählings abbrechen. Je näher wir der herrlichen Gebirgskette beim taghellen Schein der mitternächtlichen Sonne kamen, desto größer wurde die Ähnlichkeit mit einer alpinen Landschaft hinsichtlich der Bergformen, und als wir später das Gebirge von rückwärts, vom Eisfjord her, sehen konnten, trat unserem Auge deutlich der Faltenwurf der verschiedenen Schichtsysteme entgegen: es ist also in der Tat ein Faltengebirge, als solches unmittelbar durch den Schichtenverlauf erkennbar, obgleich derselbe infolge der starken Verwitterung und Abtragung nur selten in den Oberflächenformen und Konturlinien zum Ausdruck kommt; die unruhigen Profillinien, die steilen Hänge, die gelegentlich sich zeigenden kühnen Sondergestalten selbst niedriger Einzelberge (wie des Alcornet am Eingang des Eisfjords) paßten mit geringen Abweichungen ganz gut in den alpinen Formenschatz hinein. Stärkere Abweichungen zeigt dagegen die Firn- und Gletscherbedeckung: wenn wir also ein stark vergletschertes Stück unserer Hochalpen so tief ins Meer hinabtauchen könnten, daß die Gletscher in breiter Front in dasselbe abbrechen würden, so hätten wir doch ein etwas anderes Bild als auf Spitzbergen, wo die Firnflächen und -formen weniger im Landschaftsbild hervortreten — vielleicht infolge der so langdauernden sommerlichen Sonnenbestrahlung? —, indes das Gletscherphänomen selbst doch weit stärker entwickelt ist. Wohl reichen auch hier manche Gletscher nicht bis zum Meere herab oder bleiben selbst innerhalb ihrer Karnische, aber ihre Breitenerstreckung ist meist entschieden größer, als es bei Hängegletschern oder kleineren Talgletschern der Alpen der Fall wäre. Allein auch in mancher anderen Hinsicht weichen die spitzbergischen Gletscher von den alpinen ab: so zeigen sie verhältnismäßig häufig breite Bifurkationen in großer Seehöhe — eine Erscheinung, die den alpinen fehlt. Aber trotz alledem gehören sie doch unverkennbar zum alpinen Typus, d. h. sie stehen noch in starker Abhängigkeit von ihrer Unterlage und beherrschen sie nicht teilweise oder ganz, wie die Plateau- und Schildgletscher, die wir auf Island kennen gelernt haben.

Fragen wir uns nun nach den möglichen Ursachen der verschiedenen Entwickelung der Gletscher auf Island und Spitzbergen, so müssen wir in erster Linie die viel größere Niederschlagsmenge

Islands zur Erklärung heranziehen. Aber ein weiterer Grund für die alpine Entwickelungsart der spitzbergischen Gletscher selbst an der niederschlagsreichen Westkette ist in der Energie und Einheitlichkeit der betreffenden Erhebungen zu suchen; aber auch die Engräumigkeit dieses Faltengebirges, die Möglichkeit, die Gletscher unmittelbar ins Meer oder dessen Fjorde hinein kalben zu lassen, trägt zweifellos ebenfalls zu diesem Enderfolg bei, denn es ist leicht einzusehen, daß das Meer auf diese Weise sehr viel größere Massen Gletschereis aufnimmt, als auf festem Lande durch Abschmelzung entfernt werden würde; es wirkt also die Nähe des Meeres auf diese Weise der Ansammlung großer Gletschereismassen energisch entgegen.

Kaum waren wir in den Eisfjord eingefahren und hatten das westliche Faltengebirge mit seinen spitzen Gipfeln im Rücken, als auch schon ein völlig verändertes Landschaftsbild uns gegenüberstand: wir waren aus einem Faltenland in ein Gebiet mit Flachschichtung eingetreten, wie wir an zahllosen Aufschlüssen, sowie an vielen Oberflächenformen bei unseren Kreuz- und Querfahrten in die verschiedenen Seitenfjorde feststellen konnten. Die Aufschlüsse waren so ausgedehnt und so ausgezeichnet, daß unser Führer, Baron de Geer, vom Schiff aus selbst viele Einzelheiten des geologischen Baues unmittelbar zeigen konnte, so manche Verwerfung, so manchen Lagergang u. dgl., und unsere Ausflüge an Land führten uns auf manches Plateau und sonstige Ebenheiten, die sich unmittelbar aus der Flachschichtung des geologischen Baues und aus der verhältnismäßig großen Widerstandskraft des Liegenden erklärten. Herrlich waren die Einblicke in die Abtragungsvorgänge, wie man sie an zahlreichen Steilwänden beobachten konnte. Einzelne derselben erhoben sich dank der prachtvollen Herausmodellierung der härteren Gesteinsbänke und der großartigen Entwickelung von „Schuttmühlen“, die (infolge der in ziemlich regelmäßigen Abständen stattfindenden Wiederkehr von größeren Klüften) im Raume sehr gleichmäßig angeordnet sind, zu wahrhaft architektonischer Gliederung der Gehängefassade. Wenn wir so dem Tempel- oder Kapitolberg gegenüberstanden und seine fein ausgebuchteten Formen betrachteten, so wurden wir alle von der Idee ergriffen, daß hier Abtragungsvorgänge wie in Wüsten oder Halbwüsten der mittleren oder niedrigen Breiten vor sich gehen müßten, und denjenigen von uns, welchen der Gran Cañon

von Colorado aus eigener Anschauung bekannt war, fiel die außerordentliche Ähnlichkeit der Formen alsbald überzeugend auf: dieselben Leisten, Platten, Tische, Bastionen, Türmchen und Zinnen, Schuttkegel und -halden, oft sogar weithin in ziemlich gleichmäßigen Vertikalabständen. Da der geologische Aufbau in der Tat ähnlich ist, müssen zur Herausbildung so gleichartiger Formen auch ähnliche Verwitterungs- und Abtragungsbedingungen trotz der großen Breitenverschiedenheit angenommen werden. Zunächst zeigt uns der Augenschein, daß die Vegetation, soweit sie an solchen Felshängen überhaupt auftritt, hier so wenig wie am Gran Cañon eine nennenswerte Schutzwirkung ausüben kann. Ferner sehen wir, daß mechanische Verwitterung in beiden Gebieten stark vorherrschen muß und bei den gegebenen Neigungsverhältnissen die losgelösten Gesteinsstücke meist unmittelbar oder unter geringer Mithilfe des Windes der Schwerkraft überliefert. Daß hier im Norden die Frostverwitterung, in Arizona die Insolationswirkung an der mechanischen Gesteinsauflösung die Hauptschuld trägt, ist für die Herausbildung der Formen natürlich belanglos.

Wenn uns hier der Eindruck einer polaren Felswüste wird, so gehört es zu den größten Überraschungen, daß wir an manchen nicht weit entfernten Örtlichkeiten desselben Fjordes trotz ebenfalls beträchtlicher Energie der Erhebungen weiche Terrainformen und in der Tiefe verhältnismäßig reiche, in der Höhe freilich spärliche Tundrenvegetation vorfinden. Diese ist an manchen Hängen großenteils auf merkwürdig geschwungene, in der Richtung des größten Gefälles angeordnete Streifen konzentriert und macht damit einen höchst eigentümlichen fremdartigen Eindruck. Erst in bedeutender Höhe mangelt die Pflanzendecke ganz; aber auch hier läßt zum Teil der weiche Fluß der Linien den Eindruck des Wüstenhaften nicht aufkommen. Es sind landschaftliche Gegensätze auf engem Raume, deren Verständnis uns erst bei genauerer Untersuchung der Verhältnisse zu kommen beginnt, wenn auch völlige Klarlegung noch in weitem Felde ist.

Bei den wüstenhaft aussehenden Steilwänden handelt es sich vorzugsweise um klüftige, nahezu horizontal lagernde, wasserdurchlässige Gesteine, auf denen Pflanzen nicht leicht genügend Feuchtigkeit für ihre Wurzeln finden, das Wasser auch nicht in genügender Menge in den Ritzen und Poren des Gesteins haftet,

um es beim Gefrieren zu Mehl und Pulver zu sprengen, während es allerdings größere Stücke vielfach von den vereinzelten geeigneten Spalten aus wegsprengt. Wo aber die weichen Linien und sanfteren Hänge sich zeigen, da finden sich Tone, Mergel, Schiefer, tonreichere Sandsteine usw., Gesteine mit größerer wasserbindender Kraft, die durch mechanische Verwitterung leicht zu tonartigen und sandigen Erdmassen werden. Diese Massen geraten aber bei starker Durchtränkung verhältnismäßig leicht in langsame Fließbewegung, wobei sie die darauf wachsende Dryasvegetation auf dem Rücken mit sich trägt und großenteils in Streifen anordnet. Die Fließbewegung drückt sich so nicht nur in der Anordnung der späteren Trockenrisse, sondern auch in landschaftlich höchst auffälliger Weise in der Anordnung der Vegetation aus, so daß man solche „Fließhänge“ oft schon aus der Ferne erkennen kann. Nun sind freilich die sommerlichen Regenmengen meist bei weitem nicht genügend, um diese Erdmassen fließfähig zu machen; wenn aber im Frühsommer die wachsende Luftwärme und Insolation die während des Winters angesammelten Schneemengen zum Schmelzen bringen, so durchtränken sie die wenig mächtige, bereits aufgetaute oberflächliche Bodenlage sehr kräftig, da der darunter befindliche gefrorene Boden ein weiteres Eindringen des Wassers in die Tiefe verhindert. Und wo höher oben große Schneeflecken liegen, da wirkt ihr Schmelzwasser noch tief in den Sommer hinein als Durchtränkungsmittel des Bodens fort.

Wo der durchtränkte Boden zahlreiche Steine enthält, da werden diese auf eine noch nicht recht aufgeklärte Weise, wahrscheinlich unter wesentlicher Mitwirkung der Regelation, an Berghängen in gefällssinnig angeordnete Reihen, auf flachem Gelände in kreisförmige oder fünf- bis sechskantige Figuren von 1 bis zu mehreren Metern Durchmesser zusammengedrängt, während die feinkörnige Erde die Zwischenräume ausfüllt. Es entstehen so landschaftlich höchst merkwürdige, manche Kleinbilder völlig beherrschende, aber häufig selbst auf größere Entfernung hin noch auffällig wirkende, gesetzmäßige Steinreihen und polygonale Figuren, wie sie in geringer Verbreitung auch wohl in den Hochgebirgen mittlerer Breiten vorkommen, aber in so großer Häufigkeit und so typischer Ausbildung den Polarregionen eigen zu sein scheinen. In den Schweizer Alpen hat man wohl die geschlossenen Steinfiguren „Steingärtchen“ genannt, und wenn man auf dem

etwa 500 m hohen Plateau oberhalb Longyear City auf Spitzbergen zahlreiche prächtig blühende Anemonen in dem Zwischenraum zwischen den Steinsetzungen bewundern konnte, so ist man wohl geneigt, diesen Namen auch für polare Gegenden anzuerkennen, obgleich in den meisten Fällen der Erdfleck kahl bleibt.

Wenn die Vegetation in dem regenärmeren flachschichtigen Schollenland südlich des Eisfjords sehr hoch hinaufreicht, so findet sie dagegen in den tiefen Regionen des regenreicheren Westgebirges eine besonders üppige Entfaltung; dort finden wir auch die Frosthügelchen, die wir auf Island kennen gelernt hatten, wieder; an steilen bewachsenen Berghalden aber treten nicht selten unter und zwischen der Vegetation kleine Schlammströmchen hervor, die Rasenschollen vor sich her schieben oder selbst völlig überrollen.

Wenn wir angesichts der Westkette Spitzbergens von dieser polaren Landschaft den Eindruck gewonnen hatten, daß sie einem tief ins Meer hinabgedrückten Hochgebirge unserer Breiten ähnlich sei, so können wir diese Anschauung für die im Lee der Westküste befindlichen spitzbergischen Gebiete nicht mehr aufrecht erhalten; dazu ist die Entwickelung der Vegetation zu stark und ihre vertikale Erstreckung zu groß; auch das Auftreten typischer Erosionsschluchten fließender Wasser neben der sonst durchaus herrschenden Glazialform der Täler widerstreitet dem und ebenso die Tatsache, daß an manchen Stellen das Land bis weit über 1000 m Höhe hinauf in breiteren Flächen schneefrei wird. Diese scheinbar dem Begriff einer polaren Landschaft widersprechenden geographischen Tatsachen sind aber im Gegenteil ein Charakteristikum polaren Naturwirkens — freilich nur in einem klimatisch infolge der Strömungsverhältnisse des Nachbarmeeres ganz besonders begünstigten Lande: sie sind nämlich (neben örtlichen Gründen des Bodens, der geologischen und der topographischen Verhältnisse) in der Hauptsache eine Folge der langdauerden, den ganzen Sommer über ununterbrochen wirkenden Besonnung und Erwärmung.

So kommt es, daß wir in Spitzbergen ein Polarland vor uns haben, das nicht nur durch die Verschiedenartigkeit des geologischen Baues auf engem Raume sehr mannigfache Oberflächengebilde aufweist, sondern auch vermöge seiner klimatischen Begünstigung neben dem Blau des Meeres, dem Weiß des Schnees und der Gletscher und den verschiedenen, meist dumpfen Eigenfarben

der Gesteine auch noch das Grün einer relativ bedeutenden Vegetation[1]) in ansehnlicher Ausdehnung zeigt und damit eine Mannigfaltigkeit bietet, die eine sichere Grundlage für äußerst reizvolle, reiche Landschaftsbilder schafft.

Freilich ändert sich das Bild alsbald, wenn wir in Länder von extrem polarem Charakter gehen — als welche wir neben einer Anzahl kleinerer Inseln beider Erdhälften auf der nördlichen Halbkugel Grönland, auf der südlichen aber den Südpolarkontinent ansehen können.

Wenngleich Grönland einen stellenweise recht breiten eisfreien Landsaum besitzt und hier zuweilen in äußerst auffälliger Formen- und Farbenabwechslung die verschiedenen anstehenden Gesteinsformationen als solche schon von weitem kenntlich werden läßt,

---

[1]) Sehr viel ärmlicher ist die Vegetationsdecke in vielen anderen polaren Gebieten, so z. B. im äußersten Norden Sibiriens. Im Gegensatz zu den reich bewachsenen feuchten (Sphagnum-) Tundren der Überschwemmungsflächen (Laidy) des Taimyrlandes und weiter Flächen des übrigen Sibiriens, sowie den blütenreichen grünen (weil nachtfrostfreieren) Hängen und den üppiggrünen (weil gedüngten) Stellen ehemaliger Samojedenzelte und Fuchsbauten schildert v. Middendorf („Reise in den äußersten Norden und Osten Sibiriens", Bd. I, Teil 2, St. Petersburg 1856, S. 77) folgendermaßen die räumlich stark überwiegende Polytrichumtundra des Taimyrlandes: „Die allgemeine Fläche (eine Polytrichumtundra) hat auf trockenem festen Boden eine karge Vegetation, welche nicht vermögend ist, den zum Grunde dienenden Geröllsand zu verdecken. Moos und Gras (zwei Arten Eriophorum und Luzula hyperborea) bilden hier ziemlich zur Hälfte die Bedeckung der Oberfläche; von dem schmutzig-gelbbraunen Moose stechen nur wenig die abgestorbenen gelben Grasspitzen ab, und nur unrein, wie durch einen Flor, schimmert die noch grüne untere Hälfte der Grashalme hervor. Auf gleichförmigen Flächen gewinnt dieses häßliche Äußere eine ertötende Einförmigkeit; nur auf den unmerklich tieferen Stellen jener Flächen, über welche das Frühjahrswasser sich abwärts senkt, nimmt das Gras und ein frischeres Grün die Oberhand, die Halme werden nicht nur länger, sondern sie stehen auch dichter und eine Grasdecke von 3, ja bis 4 Zoll Höhe verdrängt auf den Hängen das Moos, das bloß in den zwischenliegenden Gängen sich hält. Dieser abgetragene Teppich ist ab und an etwa ein Zehntel bis ein Zwanzigstel der Oberfläche, mit kleinen Flecken von Dryas octopetala oder der Cassiope tetragona geblümt, und noch seltener sieht man spärliches Renntiermoos oder gar als Ausnahme eine kaum zu entdeckende Pflanzenkarikatur in Form einer Chrysoplenium alternifolium, Ranunculus pygmaeus, einer Draba o. dgl. m."

auch wohl, ähnlich wie schon an der norwegischen Küste, neben ausgesprochen glazial bearbeiteten Oberflächenformen äußerst steile, schroffe, durch Frostverwitterung bearbeitete Bergzacken und Höhen aufweist[1]), so ist doch der weitaus größte Teil des Landes vollständig von Inlandeis bedeckt, das nur an wenigen Stellen

---

[1]) O. Nordenskjöld stellt in seinem anregenden Buche „Die Polarwelt und ihre Nachbarländer" (Leipzig und Berlin 1909) manche recht verschiedenartige Landschaftstypen von Ostgrönland nebeneinander. Er sagt (S. 6) von dem etwa 1200 m hohen Bergland (Liverpool-Land) zwischen dem Scoresbysunde und dem König-Oskar-Fjorde: „Es bildet ein großartiges Alpengebiet, jählings fallen die Uferfelsen nach dem Meere ab, wild, unbesteigbar steil und spitz wie Kirchtürme sind die Berggipfel, und zwischen ihnen ist das Land von zahlreichen wilden Tälern durchschnitten, in denen man Talgletscher findet." Von der Gegend im Süden des Scoresbysundes schreibt er (S. 7): „Das Land bildet hier ein ausgedehntes Plateau, das mit Eis bedeckt ist und von Tälern durchschnitten wird, im ganzen aber eben ist und keine dominierenden Spitzen und Gipfel besitzt. Die Seiten senken sich treppenförmig nach dem Meere hinab, und das von dünnen Schneerändern verursachte gestreifte Aussehen läßt schon aus der Entfernung die horizontale Lagerung der Gesteinsart erkennen. Wir stoßen hier auf einen Ausläufer der gewaltigen Formation basaltischer Lava, die auf großen Strecken Ostgrönlands den Gneisuntergrund durchbrochen hat und ihn nun bedeckt." Von dem mittleren Teil dieser Fjordgebiete schreibt er (S. 9): „Die Natur dort ist in ihrer Art die großartigste, die ich auf der Erde kenne. Jählings stürzen die Felswände nach dem schmalen blauen Fjorde ab, auf dessen Oberfläche Eisberge schwimmen, die mit Menschenwerken, unserem eigenen Schiffe z. B., verglichen, riesengroß sind, aber ganz unbedeutend erscheinen, wenn man sie mit dieser gigantischen Natur vergleicht. Bald sind die Gebirgsformen plateauartig, bald erheben sie sich (besonders da, wo die Gesteinsschichten steil aufgerichtet sind) zu wild aussehenden Spitzen und Kämmen. Doch was das Bild vor allem merkwürdig macht, das sind die prachtvollen Farben, die sonst in der Polarwelt fehlen, wo ja Weiß und Blau in verschiedenen Abtönungen allerdings die wunderbarsten Lichteffekte hervorrufen, aber doch bis zur Einförmigkeit vorherrschen. Hier besteht das eigentliche Grundgestein aus intensiv gefärbten dunklen violetten, grünen, gelben, weißen und besonders grellroten Schichten. Keine darübergewachsene Vegetation verdeckt den Anblick der Berggehänge, die oben ein glänzendes blauweißes Eisband krönt, eine mächtige Masse, die nur infolge der großen Höhe so dünn aussieht. Nur in gewissen Wüstenländern kann man das nackte Erdskelett in solchen Farben wie hier sehen, dort aber vermißt man das Leben und den Kontrast, den Meer und Eis diesem Bilde der grönländischen Fjorde verleihen."

Inseln festen Gesteins, Nunataker, in Form von Einzelbergen oder Gebirgsteilen zutage treten läßt. Der Südpolarkontinent läßt dagegen nur auf verhältnismäßig kleinen Flächen, besonders der Westantarktis, eisfreies Land sichtbar werden, wenn man von den vereinzelten Berg- und Gebirgsinseln des Innern absieht. Ohne hier nochmals auf die eisfreie Landschaft als solche einzugehen, die auf Grönland bis tief in subpolare Breiten reicht und stellenweise auch eine recht nennenswerte Vegetation aufweist, auf antarktischem Boden aber auf äußerst dürftige, landschaftlich ganz zurücktretende Räume beschränkt bleibt, sei hier nur des Inlandeises noch kurz gedacht, das neben dem randlichen, in riesigen ausgedehnten Steilabbrüchen (Eisbarrièren) am Meer endenden, deutlich geschichteten Schelfeis das eigenartigste Element der arktischen Landschaft darstellt: ein hydrologisches Deckgebilde, das über ungeheure Flächen sich erstreckt, ein wahres Meer von Eis. Denn nur mit einem Meere lassen sich diese gewaltigen Eismassen vergleichen, die auf Millionen von Quadratkilometern fast jeden Einblick in den geologischen Bau verwehren und nur in ihren Grund- und Binnenmoränen am Ende selbst oder in den losgebrochenen Eisbergen fragmentäre Kunde von der Zusammensetzung des Untergrundes gewähren. Zuweilen treten die Innenmoränen, die sich rasch unter den Sonnenstrahlen erwärmen, durch Ausschmelzen sogar landschaftlich sehr auffällig hervor, besonders bei Eisbergen, die sich gewälzt haben. Es wird dadurch nicht nur ein neues, freilich nur für Kleinbilder wirklich bedeutungsvolles landschaftliches Formenelement geschaffen, sondern auch ein neues Farbenelement, das bei dem starken Vorherrschen weißer und sonstiger heller Töne recht auffällig sein kann. Oberflächenmoränen, wie sie z. B. auf Islands Schildgletschern besonders durch äolische Staubmassen in großer Ausdehnung erzeugt werden können, fehlen dem Inlandeise meist ganz, soweit es sich nicht, ähnlich wie auf Grönland, um irdischen und kosmischen Staub handelt, oder von vereinzelten Nunatakern Schuttmaterial auf das Eis gefallen ist. Das Inlandeis ist zumeist in ungeheurer Ausdehnung von Schnee bedeckt; nicht selten ist derselbe aber auch auf große Strecken hin infolge schwerer Stürme hinweggefegt, so daß das Eis schneefrei daliegt und seine blaue Eigenfarbe kräftig im Landschaftsbilde zum Ausdruck kommt. Sonst aber erscheint das Inlandeis, wenn kein Schneetreiben oder Nebel die Aussicht hemmt, sondern

bei klarem Sonnenschein ein voller Rundblick möglich ist, gewöhnlich als eine ungeheure Schneewüste, auf riesige Strecken so wenig geneigt, daß der Sinn der Neigung nur mit Meßinstrumenten festgestellt werden kann — eintönig und einsam im äußersten Grade, ohne irgend welche Spuren lebender Wesen ringsum. Tag um Tag mühseliger Ski- oder Fußwanderung mag verrinnen, bis der Charakter des Bildes sich ändert, bis weite Schmelzwasserseen, vielleicht von trügerischer Eisdecke verhüllt, oder tief eingeschnittene Cañons von Schmelzwasserflüssen sich zeigen, oder der Anblick eines fernen Nunatakers mit zauberischer Gewalt immer wieder das Auge auf sich zieht und zugleich den Verstand reizt, weil er wieder Auskunft über den geologischen Bau eines Teiles dieser Riesenflächen geben wird. Neue landschaftliche Reize, aber oft auch enorme technische Schwierigkeiten bieten uns Spalten. Sie gewähren herrliche Blicke in das Eis selbst, und weisen oft prächtige Schneebrücken, Schneewächten, Eiszapfengebilde auf, aber nicht selten treten sie in so gewaltiger Häufung auf, oder leiten zu gewaltigen Eisabstürzen über, daß schließlich nur noch aus der Entfernung ein Blick auf diese wilderregten Eiskaskaden möglich wird, die in ihrem Formen- und Farbenreichtum oft einen äußerst wirksamen und an sich schönen Anblick gewähren. Sie zeigen uns Stellen an, wo die Herrschaft des Eises über den Untergrund gebrochen ist, wo es vielmehr wieder in ausgesprochener Abhängigkeit davon geraten ist. Das ist allenthalben in der Randzone des grönländischen Inlandeises der Fall, aber auch zuweilen im Herzen des antarktischen, wie am Teufelsgletscher, dessen Überwindung den kühnen Südpolarfahrern so große Schwierigkeiten bereitete!

Wie mag wohl der geologische Untergrund dieses ungeheuren hydrologischen Deckgebildes aussehen? Wir erinnern uns wohl, daß de Quervain für Grönland doch ein gewisses Maß der Abhängigkeit vom Untergrund auch für die Zentralgebiete des Inlandeises anzunehmen geneigt ist, und daß O. Nordenskjöld von Innergrönland vermutet, daß „unter der Eisdecke ein hohes, ziemlich ebenes und wenig zerschnittenes Felsplateau sein müsse". Vielleicht ist bei den Inlandeismassen trotz ihrer zweifellos sehr bedeutenden Mächtigkeit doch die Abhängigkeit vom Untergrund sogar größer als bei den Schildgletschern des niederschlagsreichen Island? Wie dem aber auch sein möge, jedenfalls ist die Mächtigkeit

des Deckgebildes so groß, daß höchstens starke Niveaunterschiede und Gefällsbrüche sich durch die Eismasse hindurch in Spaltensystemen und Eisabbrüchen landschaftlich aussprechen können; irgendwelche Einzelheiten des geologischen Baues bleiben aber für unser Auge völlig verborgen und könnten höchstens zu einem kleinen Teil, vielleicht durch magnetische Einflüsse, einigermaßen an der Oberfläche nachweisbar werden.

Landschaftlich stellt sich uns das Inlandeis in seinen typischen Binnengebieten als eine ungeheure ebene Eis- und Schneewüste dar, in der geologische oder biologische Elemente keinerlei Rolle spielen, vergleichbar in seinem einförmigen Gesichtsfeld nur etwa mit dem Ozean, wo ebenso das Wasser, freilich in seiner flüssigen Form, neben dem Himmel allein landschaftlich heraustritt. Ja die Einförmigkeit der Eislandschaft ist noch weit größer, weil der Boden starr ist und nicht im Spiel der Wellen bei bewegter Luft Leben und Abwechslung in den Formen verrät. Wohl bringt auch auf dem Inlandeis der Wind Bewegung in die oberflächlichen Schneemassen, schafft auch Dünen und andere Schneegebilde, aber das anhebende Schneetreiben engt meist bald das Gesichtsfeld so sehr ein, daß, wie bei Nebel, jeder Überblick verloren geht.

Ist bei klarem ruhigen Wetter der Ausblick auf dem Inlandeis von wirkungsvoller Größe und Majestät, wie auf ruhigem Meer oder auf ebenen Stein- oder Tonwüsten, so entbehrt doch eine solche Landschaft der Abwechslung an Formen und Farben, die sie zu einer höheren ästhetischen Wertschätzung befähigen würde, und auch das Kleinbild birgt nur selten in merkwürdigen Schneebildungen, Eiskristallen u. dgl. größere Reize. Erst im Spaltengebiet oder an der Eisbarriere gegen das Meer hin, wo das vorgelagerte Schelfeis in gewaltiger Steilwand abbricht und oft in prächtigster Weise Moränenlagen und Firnschichtung, Spalten und Grotten, Schmelzwasserlöcher und Kanäle erkennen läßt, entsteht jene Mannigfaltigkeit der Formen und Linien, weicher wie schroff gebrochener, die ein höheres Maß von ästhetischer Befriedigung gewährleistet, besonders wenn das bewegliche Element des Meeres als Gegenstaz hinzutritt. Aber immer wird uns diese Landschaft trotz aller Schönheit in manchen Einzelheiten und oft überwältigender optischer Schauspiele in den Übergangszeiten zur Polarnacht oder zum Polartag, bei Polarlichtern usf. fremd

und — bei Sturm oder sehr kalter Witterung — gar feindselig erscheinen, so daß wir ihrer meist nur für kürzere Zeit wirklich froh werden können.

8. Meeres- und Küstenlandschaften.

Von allen Deckgebilden der Erde kommt keines auch nur entfernt dem flüssigen Wasser an Ausdehnung nahe. Die Seelandschaft spielt daher auch auf der Erde eine ungemein bedeutsame Rolle: Auf rund zwei Dritteln der Erdoberfläche herrscht dieselbe ausschließlich und läßt infolge der meist sehr beträchtlichen Tiefe des Wassers keinerlei Einblick in den geologischen Bau dieser Gebiete zu. Wo also auf Meeren oder großen Binnenseen das feste Land nicht irgendwie in das Gesichtsfeld des Beobachters hereinreicht, da erschaut er außer Himmel und Wolken bis zum Horizont hin nur Wasser, sofern nicht zufällig Schiffe, Vögel oder Fische, Quallen und andere Meerestiere sichtbar werden. Verhältnismäßig weit häufiger als über dem Lande, ja selbst als über dem Inlandeis engt Nebel das Gesichtsfeld auf ein Minimum ein und hebt damit jeden landschaftlichen Eindruck völlig auf. Wenn aber klares sichtiges Wetter ist, so ist die oft erwähnte „Unermeßlichkeit des Gesichtsfeldes“ nur scheinbar, denn dasselbe erstreckt sich tatsächlich von Bord des Schiffes nur auf wenige Seemeilen, bleibt also innerhalb sehr bescheidener Grenzen, und nur von großer Höhe aus, etwa vom Luftballon oder von einem hohen Berge, ist die Weite des Blickes wirklich großartig, überwältigend. Unvergeßlich wird es mir z. B. bleiben, wie ich, vom Binnenland kommend, bei Erreichung des Tajumulco-Gipfels (4210 m) urplötzlich vor mir die ungeheure, scheinbar wandartig hoch am Horizont aufragende, tiefdunkle Wasserfläche des pacifischen Ozeans erblickte, oder als ich später einmal bei wunderbar klarem Wetter vom Gipfel des Pik von Tenerifa aus (3700 m) ringsumher die riesigen Wassermassen sich hoch auftürmen sah, nur unterbrochen von den plastisch aufragenden, formenreichen und formenschönen Erhebungen der übrigen Kanarischen Inseln!

Wenn aber der Seefahrer sich auch der tatsächlichen Beschränkung des Gesichtsfeldes bewußt ist, so wird in ihm der Eindruck der Unermeßlichkeit der Wasserflächen doch durch die Bewegung des Schiffes hervorgerufen: Stunde um Stunde, Tag um

Tag fährt der Schnelldampfer, wochenlang das Segelschiff seines Weges, ohne daß das Bild sich wesentlich änderte, es sei denn, daß bei der Fahrt von hohen nach niederen Breiten die grüne Farbe des Ozeans allmählich der blauen weiche, und daß die Arten der Fische und Vögel, deren unser Auge habhaft wird, von Ort zu Ort, oft in sehr auffälliger Weise, wechseln. So werden denn doch tatsächlich in ununterbrochener Folge außerordentlich lange, wenn auch verhältnismäßig schmale Wasserstreifen allmählich unserem Blicke ausgesetzt. So entsteht in dem nicht spekulativ veranlagten Beobachter der Eindruck unübersehbar großer, ja unermeßlicher Gesichtsferne, und dieser Eindruck gibt — in Verbindung mit den ewig wechselnden Formen des bewegten Wassers und der in der Luft hinsegelnden Kondensationsprodukte desselben, in Verbindung ferner mit den Gehöreindrücken, welche Wind und Wellen erzeugen, mit den Farbeindrücken bei verschiedenen Beleuchtungen, oder mit den Stimmungen, die das Meer bei Ruhe und Sonnenschein, bei Nebel oder drohendem Gewölk und Sturm erzeugt — der Wasserlandschaft etwas Großes, Tiefwirkendes, das dem Gemüt sich dauernd einprägt und es geradezu faszinieren kann. Freilich vom Standpunkt des kühl überlegenden Verstandes aus kann man dieser Landschaft eigentlich jene Formen- und Farbenmannigfaltigkeit nicht zuschreiben, die ihr zukommen müßte, wenn sie den Preis besonders hochgradiger Schönheit gewinnen sollte, den ihr doch so sehr viele zuzuerkennen geneigt sind.

Freilich hat der Reisende bei ausgedehnten Reisen zur See allerdings auch dann und wann Gelegenheit, besonders reizvolle Abwechslung in der Erscheinung der Seelandschaft zu beobachten, so das glänzende Schauspiel des Meerleuchtens in seinen verschiedenen Formen, das Verfärben des Meeres auf weite Flächen hin infolge massenhaften Auftretens kleiner Organismen oder das tiefeindrucksvolle Schauspiel eines schweren Orkans oder etwa des Spiels von St. Elmsfeuer an allen Masten; von hehrer Pracht sind auch oft farbenglühende Sonnenauf- und -untergänge in der Nähe ausgedehnter trockener Landflächen, wie ich solche z. B. nahe der Südspitze Vorderindiens in geradezu überwältigender Schönheit gesehen habe. Die Summierung derartiger Eindrücke bringt schließlich gerade in weitgereisten Männern das Gefühl hervor, daß das Meer besonders reiche landschaftliche Schönheiten zu

bieten vermöge. In mittleren Breiten kommen zu den schon genannten Eindrücken noch manche neue, so insbesondere auf gewissen Zugstraßen der Anblick schwimmender Eisberge mit ihren bizarren Schmelzformen und glänzenden Farbeneffekten; bei Annäherung an hohe Breiten nimmt ihre Zahl und Größe noch zu, und neben angeschmolzenen Bergen erscheinen auf der südlichen Halbkugel nicht selten fast unversehrte Tafelberge von oft gewaltiger Ausdehnung, noch fast ebenso gestaltet, wie sie sich seinerzeit vom Schelfeis der Antarktis losgelöst hatten. In hohen Breiten stellen sich auch die an sich minder bedeutsamen, aber darum nicht minder charakteristischen flachen Schollen von Meereis, oft in ungeheurer Zahl, ein, nicht selten belebt von Seehunden oder Seevögeln, in unendlicher Mannigfaltigkeit der Formen, auch wohl in verschiedenen Farbtönen auftretend, bald sich drängend und schiebend, bald vereinzelt in weiter Streuung über große Räume, bald weite Flächen fast lückenlos überdeckend, oft gepreßt oder übereinander überschoben, in feuchtkalter, den Reisenden frösteln machender trüber Luft. In noch höheren Breiten stellt sich auch wohl festes, zusammenhängendes Meereis ein, das dem mühsam kämpfenden Schiffe endgültig den Weg verwehrt; wenn solche — bei geringer Mächtigkeit noch biegsamen — Meereisflächen mit Schnee überdeckt sind, den der Wind nicht selten in Dünen aufhäuft, so glaubt man wohl auf einer überschneiten Ebene des festen Landes zu sein: so entsteht ein Übergang von der Landschaft des Wassers zu der des festen Landes; es sind bereits dieselben Formen wie dort, und erst wenn der Frost nachläßt und das Wasser damit seine tropfbar flüssige Form wieder annimmt, oder wenn ein Sturm trotz herrschender Kälte das Eis gewaltsam in Schollen zerbricht, dann tritt die Wasserlandschaft wieder in ihr eigentliches Recht.

Wo immer das Meer frei von den Fesseln des Eises ist und kein festes Land hindernd in den Weg tritt, da bilden sich unter dem Antrieb des Windes freie Wellen, die bei kräftiger Ausbildung beträchtliche Höhe erreichen und von mächtigen weißen Gischtkronen gekrönt sind; wenn aber der Sturm nachläßt, so ändert sich auch das Bild der Wellen, und an ihre Stelle tritt allmählich die weiche sanfte Form der Dünung, die auf dem offenen Ozean oft wenig bemerkbar wird, am Strande jedoch sich durch heftige Brandung kenntlich zu machen pflegt. Aber auch weit draußen

im Meere kann bei erregter See eine großartige Brandung entstehen, wenn nämlich Untiefen die volle Entwickelung der Wellen in der Tiefe hindert: es werden also damit wenigstens gewisse Tatsachen der Oberflächengestaltung des Meeresbodens landschaftlich deutlich, wenngleich der geologische Bau uns auch dann noch vollständig verborgen bleibt. Erst wenn der Meeresboden bis auf wenige Meter der Oberfläche nahe kommt, wird seine Beschaffenheit dem spähenden Auge unmittelbar erkennbar, und wenn an solchen Stellen das Felsgerüst des Untergrundes deutlich zutage tritt und etwa verschiedenfarbige oder sonst verschiedenartige Gesteinslagen sich mehr oder minder kräftig nebeneinander abheben, unter Umständen auch deutlich Falten, Fältelungen, Gänge, Adern erkennen lassen, so tritt auch bei submarinen Landschaftsbildern der geologische Bau in die Erscheinung. Seltener aber als etwa in seichten Flüssen und Seen gelingt es hier, einen unmittelbaren Einblick in den inneren Bau des betreffenden Erdstückes zu gewinnen, da allzu häufig Sand, Schlamm, Gerölle oder Vegetation den Felsboden verdecken. Aber trotzdem taucht der Naturfreund bei stiller Kahnfahrt oder vom Strande aus oft und gern seinen Blick in die Tiefen, denn er sieht dort gar manches prächtige Bild. Freilich ist das Gesichtsfeld unter Wasser auf wenige Meter Weite und Tiefe beschränkt, zuweilen sogar nur wenige Dezimeter, denn die Objekte am Grunde und die auf ihm sich projizierenden, zwischen ihm und dem Wasserspiegel schwebenden Wassertiere und -pflanzen aller Art oder auch die von der dunklen, lichtlosen Tiefe des Ozeans sich abhebenden spielenden Organismen bis herauf zum gewaltigen Hai oder Wal, oder andererseits hinüber zur zartorganisierten Meduse sind eben nur so weit sichtbar, als Licht noch in genügender Menge hinabdringt und die vom Sehstrahl zu durchdringende Wasserschicht nicht zu mächtig wird. Dazu kommt, daß die untermeerischen Landschaften nur bei Ruhe oder — bereits verzerrt — bei geringer Bewegung des Wassers erkennbar bleiben, während bei starker Bewegung das Bild verschwimmt.

Wenn das Auge schon am Grunde von Flüssen oft hübsche Bilder, so von Geröllagern und Moosdecken oder feingerippeltem Sand- und Schlammboden mit rasch darüber hinhuschenden Forellen oder anderen Süßwasserfischen erblicken kann, so bietet doch der Meeresboden noch weit größere Mannigfaltigkeit der Bilder. Sie wechseln von Ort zu Ort und Zone zu Zone in un-

geahnter Vielgestaltigkeit und stark veränderlichem Charakter, der fast immer durch biologische Elemente ausschlaggebend bestimmt wird. Wenn wir in kalten Meeren oft eine ungeheure Üppigkeit der Pflanzenwelt in gewaltigen Tangwiesen oder einen unglaublichen Tierreichtum in streifenden Fischheeren, auch wohl prächtiges Stilleben zahlreicher Seeigel, die auf sandigem Boden weiden, oder zierlicher Quallen, die fast gespenstig im Wasser schweben, bewundern können, so locken in wärmeren Meeren neben anderen Tiergestalten vor allem immer wieder mancherlei an Pflanzengebilde erinnernde Tierarten, so die Blütensternen gleichenden achtarmigen Tierchen der Edelkorallen, deren Weiß sich scharf von den dunkleren roten, verzweigten Kalkstämmen abhebt, oder die blühenden Büschen ähnlichen Hornkorallen des Mittelmeeres, leuchtende Seefedern, palmenähnliche Röhrenwürmer, kakteenartig aussehende Meeresschwämme u. dgl. m.; daneben aber erfreut sich unser Auge und Sinn auch wieder an den Bewegungen und Farben munterer Crustaceen und mannigfaltiger Fische, den Formen bunter Schnecken und Muscheln u. dgl. m.

Den Gipfel landschaftlicher Schönheit und reichster Abwechslung zeigen aber unter den untermeerischen Landschaften jene der Tropen, wo die Korallen ihre günstigsten Lebensbedingungen finden und mächtige Bauten errichten, an deren Rand und Hängen die zierlichsten baum-, teller-, blumenkohlähnlichen Korallenstöcke in prächtiger Gruppierung neben- und übereinander in reichster Mannigfaltigkeit der Formen und Farben stehen; ruhelos bewegen sich die Tentakeln der beutesuchenden Einzeltierchen dieser Kolonien, und blitzschnell huschen tiefblaue Fischlein darüber und dazwischen hin, während Krebse, Seeigel und Kephalopoden am benachbarten Sandboden hinkriechen, dessen Einfärbigkeit und Formenarmut die Formen- und Farbenmannigfaltigkeit der nahen Korallengärten erst recht herausheben.

So klein auch diese submarinen Landschaftsbilder sind, so sind sie doch oft von sehr großem intimen Reiz, so daß ihrer hier kurz gedacht werden mußte. Zudem sind sie für einzelne Gegenden zuweilen weit charakteristischer als benachbarte überseeische Meereslandschaften an sich, namentlich wenn es sich um Korallenbauten, also organogene geologische Gebilde von großer morphologischer Bedeutung handelt. In vielen Fällen reichen die oft sehr ausgedehnten Polypenbildungen bis nahe an den Meeresspiegel

Polare Wüstenlandschaft: Capitolium am Eistjord, Spitzbergen. Flachschichtung. Deutliche Herauspräparierung härterer Gesteinsbänke. Die vorhandenen Kluftsysteme begünstigten die Herausbildung von Erosionsrissen in ziemlich gleichmäßigen Abständen. Am Fuß der Wände mächtige Schutthalden. Aufnahme von Oskar Halldin, Stockholm.

Mittelmeerlandschaft. Bild aus der Umgebung von Kephalos auf der Insel Kos. Blick auf die Camarabucht, ganz links Obsidianberg, Vordergrund vulkanische Tuffe, Hintergrund Plateauland aus Pliocän mit vulkanischer Tuffdecke aufgebaut. In der Bucht die Insel Kastelli aus vulkanischen Tuffen (Andesittuffen) bestehend, Gipfel brecciöser Kreidekalk, zur Linken davon kleine alluviale Küstenebene. Die Dattelpalme im Vordergrund ist charakteristisch für die regenarmen warmen Gebiete am und im Mittelmeer. Aufnahme von Prof. Dr. F. Plieninger.

heran, und da die Korallentierchen oberhalb desselben nicht längere Zeit leben können, so ist damit eine obere Wachstumsgrenze für die Riffbauten stationärer Meere gegeben. Zugleich erklärt sich daraus auch die Tatsache, daß ausgedehntere Riffbauten, verstärkt durch die bei Hochwasser von den Wellen hereingeschleuderten Felsstücke, Muschel- und Schneckenschalen, Skeletteile usf. — trotz zahlreicher Kanäle und Vertiefungen im einzelnen —, doch im großen einen horizontalen Abschluß nach oben gewinnen. Er tritt zur Ebbezeit auch wohl einige Stunden als kalkige, im einzelnen sehr rauhe Ebenheit zutage, während zur Flutzeit nur eine ausgedehnte Brandung deren Stelle zu verraten pflegt.

Oft treten die Korallenriffe in breitem Saum an den Küsten tropischer Meere auf, oft aber auch weit draußen im Ozean über Untiefen des Meeresbodens. Bei Hebung des Landes müssen naturgemäß diese kalkigen Abflachungen als mehr oder minder breite Terrassen landschaftlich hervortreten; bei langsamer Senkung des Grundes vermögen aber die Korallen in die Höhe weiter zu wachsen, so daß schließlich — gemäß der Darwinschen Theorie — aus Saumriffen Wallriffe, Barrièreriffe werden müssen, während das ursprüngliche Land mehr und mehr versinkt; inselumgürtende Saumriffe aber mußten bei lange fortgesetzter langsamer Senkung des Landes und entsprechendem Höhenwachstum der Korallenbauten schließlich zu Atollen werden, jenen wunderbaren, so häufig von Vegetation bewachsenen und mit kleinen Siedelungen bestandenen Koralleninselreihen, die bei meist großer Längserstreckung der schmalen Einzelinseln sich in ihrer Gesamtheit zu einem mehrfach durchbrochenen Ring von manchmal gewaltiger Ausdehnung um eine ruhige Binnenlagune herum zusammenschließen. Wohl hat man manche begründete Einwände gegen die Darwinsche Theorie erhoben, aber in vielen Fällen dürfte sie doch das Richtige getroffen haben; dafür sprechen u. a. manche Inselgruppen unserer Karolinen, z. B. Truk, wo hinter einem Koralleninselkranz eine ansehnliche Zahl verschieden großer Einzelinseln liegt, offenbar die hervorragenden Teile einer durch Flußerosion stark zerschnittenen größeren gesunkenen Landmasse mit gerundeten Gipfeln und Kämmen.

An dieser Stelle brauchen uns freilich die Theorien nicht zu kümmern; es genügt uns hier festzustellen, daß der organogene Ursprung der Korallenbauten den geologischen Charakter dieser

Inseln ohne weiteres erkennen läßt; aber wir dürfen nicht versäumen hinzuzufügen, daß die Korallenbauten in gewissem Sinne auch als geologische Deckgebilde gelten können. So verhüllt z. B. im Bismarckarchipel bei zahlreichen hochragenden Inseln und Inselteilen ein Mantel von Korallenkalk den eruptiven Kern ganz oder großenteils und der Korallenkalk nimmt damit Oberflächenformen an, die ihm ursprünglich fremd sind.

Die Koralleninseln, die aus biologischen Gründen auf die wärmeren Meere beschränkt sind, bringen an sich ohne Vegetation wohl Farben- und Formengegensätze in das Landschaftsbild des Meeres, aber ihre eigentlichen Reize entwickeln sie nur, wenn tropische Vegetation sie reich bekleidet, wenn besonders Kokospalmen, wie so oft in Wirklichkeit, auf ihnen in großer Zahl angesiedelt sind und durch den Schwung ihrer mannigfach gebogenen Stämme, durch die Schönheit ihrer Wedelkronen unser Auge befriedigen, während ihre hohe Gestalt etwa neben der mächtiger Brotfruchtbäume und vereinzelter Eingeborenenhäuser den flachen Inseln ein gewisses Relief verleiht. Von besonderer Schönheit ist der Anblick der Atolle, bei denen die stille Lagune oft durch tieferes Blau gegen die Außensee absticht und der weiße Gischt der Brandung mit dem gedämpfteren Weiß eines schmalen Kalksandstrandes wetteifert und eine scharfe Zwischenregion zwischen dem Grün des Landes und dem Blau des Meeres schafft.

Wie schon erwähnt, ist die ebene Oberfläche charakteristisch für die eigentliche Koralleninsel, und oft hebt sich diese nur wenig über den Hochwasserstand des Meeres hinaus, so daß bei schweren Orkanen die Wogen wohl über sie wegschlagen, die Vegetation großenteils vernichten und selbst nicht selten die Insel durchbrechen.

Wo kräftige Hebungen stattgefunden haben, da finden wir mehrere Plattformen übereinander, die tiefer gelegenen meist terrassenartig schmal. Da über die oft Dutzende von Metern hohen Steilstufen vielfach wahre Schleier von Schlinggewächsen und Luftwurzeln weit herabhängen, Farne und Klettergewächse in den Poren der Felswände nisten und Moose selbst in die dunklen Höhlen hineindringen, so bieten derartige terrassierte Koralleninseln oder Inselabstürze oft einen ungemein großartigen und reizvollen landschaftlichen Eindruck (z. B. Buka, Eua).

Wo anstehendes Gestein in den Tropen die Inseln bildet, da gilt für ihre Formen natürlich dasselbe, was für das feste Land und seine jeweilige Vegetationsbedeckung bereits gesagt ist, nur mit dem Unterschiede, daß infolge der Engräumigkeit der Inseln und des allseitigen Vordringens des Meeres die Abtragung besonders rasch zu erfolgen pflegt, die Böschungen oft sehr steil sind, Rutschungen ungewöhnlich häufig auftreten: dichtbewaldete steile, gleichmäßig abgeböschte Wände mit tief eingeschnittenen Talrissen, und Neigung zu Kuppen- und Rückenform (soweit in der Gipfelregion sich nicht schon die gegenständigen Rutschungen verschneiden) sind daher für junge tropische, nicht aus Kalkstein bestehende Inseln immerfeuchten Klimas charakteristisch, während auf den Inseln periodischfeuchten Tropenklimas die Vegetation bereits dürftiger wird. Hier bringt sich, wie auf Inseln der gemäßigten Zone, der geologische Bau als solcher schon manchmal neben den Erosionsgebilden des fließenden Wassers deutlich zum Ausdruck. In höheren Breiten aber machen sich daneben naturgemäß bereits die glazialen Formen geltend, in Gebieten sehr trockenen Klimas aber die schroffen Felsgebilde der Wüsten, die neben den weichen Formen der Barchane und anderer Dünen auftauchen.

Gleichviel aber welche Formen und Vegetation eine Insel aufweisen möge, immer ist sie für die marine Landschaft, selbst schon aus weiter Ferne gesehen, ein Objekt größten Interesses, eine erwünschte Abwechslung in der Gleichförmigkeit der Eindrücke auf See, und wo die Inseln auf engem Raume sich häufen, da bieten sie — namentlich bei verschiedenartigem geologischen Aufbau der Einzelinseln — eine Mannigfaltigkeit der Formen und Farben, eine Durchdringung von Land und See, die zu den höchsten künstlerischen Eindrücken sich steigern kann. Den Reisenden, der im stillen Segelboot, durch viele Windstillen zeitweise festgehalten, zwischen den Einzelinseln hindurchfährt, pflegt die stetig wechselnde Mannigfaltigkeit der Szenerie immer aufs neue zu entzücken. Und doch drückt auf ihn, je länger er durch einen solchen Archipel dahinfährt, desto mehr die Enge des Blickes, und voller Freuden begrüßt er daher meist den offenen Ozean, wenn er aus enger Inselpassage herauskommend plötzlich wieder ein ungehindertes Gesichtsfeld bis zur Kimm vor sich sieht!

Wenn die Einstreuung festen Landes in das Meer an sich schon eine große Summe landschaftlicher Schönheit schafft, so trifft doch auf die Berührungszone zwischen festem Lande und Meer, auf die Küste, schon durch die Gegensätze von Böschung und Horizontaler, von Festem und Flüssigem, von gegeneinander wirkenden Kräften zweier verschiedener Welten ein besonderes Maß von Interesse und landschaftlicher Schönheit. Am stärksten sind die Gegensätze, wenn das Land mit starrem Fels steil zum Meer hin abbricht. Solche Felsenküsten sind oft durch die höchste Schönheit ausgezeichnet, deren diese aus zwei verschiedenen Typen gemischte Landschaft fähig ist. Sie ist auch die Küstenform, die in allen Zonen die größte Mannigfaltigkeit der Formen, die großartigsten Ausmaße der Vertikalerstreckung neben der Horizontalen, die reichste Gliederungsmöglichkeit in wagerechter wie senkrechter Hinsicht, aber auch die kräftigste und imponierendste Kraftwirkung des Meeres in gewaltiger Brandung ermöglicht. Dagegen ist an ihnen die Gezeitenwirkung am wenigsten auffällig, da in der Hauptsache nur eine Änderung des Wasserstandes eintritt, die landschaftlich fast nur im Auftauchen und Verschwinden von Klippen und Inselchen, auch wohl kleinen Strandstrecken zum Ausdruck kommt.

An felsigen Steilküsten tritt der innere Bau eines mehr oder weniger mächtigen Teiles der Erdkruste stets unmittelbar vor unser Auge hin, und wenn wir der wilden Brandung beobachtend folgen, bemerken wir auch leicht, wie sie die weicheren Gesteine weit stärker angreift als die harten, und je nach deren Lagerung und Schichtenstellung, ob steil, geneigt oder wagerecht, teils Nischen und Buchten herausarbeitet, teils Vertiefungen in den Steilwänden an Stelle weicher Gesteinslagen schafft. So tritt also der geologische Bau auch hier landschaftlich deutlich heraus, und gar mancher Zug hervorragender landschaftlicher Schönheit ist auf die selektive und transportierende Arbeit des Meeres zurückzuführen; das zeigen z. B. die herrlichen Rundbuchten mancher Steilküsten des Mittelmeeres, wo kühn vorspringende Vorgebirge die reich besiedelten, weich geschwungenen Einbuchtungen trennen. Wo aber einheitliche Gesteinsmassen die Steilküste bilden, da weisen Klüfte und Risse den zerstörenden Kräften in erster Linie den Weg, und zudem vermag auch der härteste Fels dem ständig wiederholten Anprall der Brandungswelle nicht zu widerstehen, sondern erfährt

an diesen Stellen eine Abnutzung, die Herausbildung einer Hohlkehle, die ihrerseits wieder das Nachstürzen der Felswand anbahnt. So rückt die Steilwand, der Kliff, bei Stillstandslage des Meeresspiegels unter Herausbildung einer Strandterrasse allmählich so weit zurück, als die Brandungswelle noch eine Kraftwirkung auszuüben vermag, während die Zerstörungsprodukte durch Wellen, Küstenversetzung oder Meeresströmungen, zum Teil auch durch Wind entführt werden. Wo die Steilwand des Kliffs aus lockeren Massen diluvialen, alluvialen, äolischen oder glazialen Ursprungs besteht, geht die Zurückdrängung des Kliffs natürlich rascher vor sich, ohne daß eine grundsätzliche Verschiedenheit des Vorganges oder der landschaftlichen Erscheinung einträte. Algenbelag oder sonstige marine Vegetation wirkt erschwerend auf den Vorgang ein. Die Vegetation des festen Landes vermag dem Meereswasser meist nicht zu widerstehen und tritt daher erst außerhalb des Bereiches des salzigen Elements im Landschaftsbilde auf; sie erhöht dessen Schönheit durch die Formen- und Farbengegensätze oft in reichstem Maße und verrät zugleich auch als Naturwappen häufig in einem Landschaftsbilde überzeugend die Zone, den Ort des Vorkommens. Das Eis der polaren und subpolaren Gletscher bricht oft jählings am Rande des Meeres ab, bringt aber durch seine Eigenfarbe und Formen prächtige Landschaftskontraste hervor.

Die volle Schönheit der durch vielgebrochene Ufer- und Profillinien zugleich ausgezeichneten Felsenküsten kommt freilich erst zur Geltung, wenn das Meer erregt ist und bei Sturmesbrandung ein Maximum seiner landschaftlichen Wirkung erreicht vermöge des gewaltigen Eindruckes, den das wechselvolle Spiel der Brandungswogen auf Gesicht und Gehör des Beobachters ausübt. Es ist aber zugleich auch die Zeit, in der man am besten die Arbeitsweise der Brandung an Steilküsten erkennt, das wuchtige Bombardement verfolgen kann, das die gewaltigen Wogen, mit Steinen beladen, gegen die Kliffwände ausüben. Am machtvollsten arbeitet das Meer gegen die Vorsprünge des Landes, und wir verstehen nun, warum die riesigen Kliffe derselben trotz ständig wachsender Höhe immer mehr zurückgedrängt werden, indes die Buchten allmählich der Auffüllung durch Schutt und Sand entgegengehen, bis schließlich eine weithin fast geradlinige Strandküste mit nur geringen Ausbuchtungen an der Stelle der einstigen Vorsprünge, eine aus-

geglichene Steilküste, entsteht. Freilich ist mit der Abnahme der horizontalen Gliederung der Küsten, mit dem Wegfall schön geschwungener Buchtenlinien und kühn vorgreifender Vorsprünge, also mit zunehmendem Alter der Küste, auch eine entschiedene Abnahme der landschaftlichen Schönheit derselben trotz der unter Umständen nicht unbeträchtlichen Erhöhung der Steilwände verbunden.

Bei einer Flachküste übt die Brandungswelle am Strande keine stärkeren zerstörenden Wirkungen aus, sei es, daß es sich um eine Felsküste handle oder um eine Küste aus lockeren Materialien, denn die auflaufende Welle findet hier keinen Widerstand und läuft sich — von kleineren Wirkungen abgesehen — in vielen Fällen einfach tot. In anderen Fällen erfolgen aber doch auch die mannigfaltigsten Änderungen, über deren Entstehung man noch nicht ganz klar sieht[1]). Bei schräger Richtung entwickelt die Brandungswelle, oft in Verbindung mit Küstenströmungen, eine außerordentlich kräftige Transporttätigkeit; sie verfrachtet im Laufe der Zeit oft ungeheure Lockermassen der Küste entlang, baut damit Sandhaken und Nehrungen auf, schließt Bodden und Haffe ein und übt damit ungemein bedeutungsvolle landschaftliche Wirkungen aus.

Im Enderfolg freilich ist die Arbeit des Meeres an Steil- und Flachküsten doch gleichartig, denn sie geht darauf hinaus, das feste Altland schließlich in breiter Front weiter zurückzudrängen — ein Vorgang, der freilich nur bei langsamer stetiger Senkung des Landes sehr weit landeinwärts sich fortsetzen kann.

An sich bietet nur die felsige Flachküste noch die Möglichkeit eines unmittelbaren Einblickes in den geologischen Bau, und wo, wie vielfach an Skandinaviens Küsten, farbenreiche alte Eruptivgesteine und kristalline Schiefer mit schönen Aplitgängen u. dgl. Bildungen, einst von Gletschern zurechtgeschliffen, nun aber vom Meerwasser kahl gespült sind, da kann das Anstehende auch bedeutsam und sehr eigenartig im Landschaftsbilde zur Geltung kommen. Bei Schwemmlandgestaden fehlen natürlich derartige landschaftliche Wirkungen völlig, weil Sand und Schlamm das Anstehende verdecken.

---

[1]) Vergleiche die Darstellungen von S. Passarge (Physiologische Morphologie. Hamburg 1912, S. 62 ff.) gegenüber Davis-Rühl (Die erklärende Beschreibung der Landformen. Leipzig u. Berlin 1912, S. 470 ff.).

Im allgemeinen ist die landschaftliche Schönheit von Flachküsten um so geringer, je sanfter die Böschung und je geradliniger die Küstenlinie verläuft, je weniger zwischen der Horizontalen der Meeresfläche und der ansteigenden Linie des festen Landes ein Knick, ein Neigungsgegensatz, zur Geltung kommt. So sind es oft nur noch die Farbengegensätze zwischen dem blauen oder grünen Meer, dem hellen Strande und der grünen Vegetation des Hinterlandes, was eine stärkere landschaftliche Abwechslung bei ruhiger See schafft; aber die Art der Vegetation, ob Wald, Wiese, Feld usw., hebt nicht selten den Reiz der Landschaft noch wesentlich, und auf der anderen Seite trägt das Meer in Zeiten der Erregung immer Bewegung mannigfaltiger Art und damit Leben, Schönheit in das Bild: es verleiht dem vorher oft schwermütigen Stimmungsgehalt desselben einen energischeren, bald frohen, bald zornigen Zug. Was bei der Felsenküste in erhöhtem Maße zum Ausdruck kommt, spricht sich auch bei der Flachküste schon deutlich aus: das Meer bringt neben Bewegung und Formen verschiedenster Art auch Farben von oft unausdrückbar feiner Abtönung im einzelnen bis zu schroffsten Gegensätzen auf engstem Raume, so etwa vom Blau des tiefen Meeres zum satten Grün der sich brechenden Wellen und dem blendenden Weiß des Brandungsgischtes, der sich scharf vom dumpfen Grau des Sandstrandes abhebt, noch schärfer freilich vom Grün des Rasens oder Waldes oder dem Gelb der reifenden Felder im Hintergrunde: Bilder von reicher Mannigfaltigkeit der Eindrücke und wirksamer Schönheit des Gesamteindruckes!

Während übrigens die vielgestaltige Felsenküste von der Nähe wie von der Ferne gesehen einen gleich schönen Anblick bietet, gewinnt häufig die Flachküste sehr bei der Ansicht von fernen Höhen her; namentlich pflegen dann erst die sanft geschwungenen Linien mancher Sandküsten in voller Schönheit zur Geltung zu kommen, während sie bei der Nahsicht leicht den Eindruck glatter Geradlinigkeit machen.

Aus der Ferne hebt sich auch wohl an langer, fast geradliniger Küste die vorspringende Rundung eines größeren Deltas heraus und führt uns durch ihre landschaftliche Erscheinung die Tatsache einer Küstenänderung durch den Sedimenttransport einzelner Flüsse an strömungsfreien Küsten vor Augen, während das langsame Hinauswachsen von Sandküsten durch die sich summie-

renden Absätze zahlreicher ablandiger Staub- und Sandstürme oder durch das allmähliche Vorwärtswandern von Dünenzügen im Rücken größerer Wüsten minder auffällig hervortritt.

Wo aber anderwärts an Küsten mit starker Küstenversetzung und kräftigen Strömungen viel Sand vom Meere herantransportiert wird, die Winde aber landeinwärts wehen, da fassen sie wohl den trockenen Sand und tragen ihn ins Land hinein; sie häufen ihn zu Dünen auf, und unter Sandtreiben wachsen diese zu ansehnlichen Wall- und Hügelzügen an, die langsam weiter wandern und wüstenhafte Züge mit all ihren Reizen und Nachteilen selbst in Gegenden mit ansehnlichem Regenfall in mehr oder weniger breitem Küstengürtel erzeugen, bis etwa durch künstliche Aufforstung die Dünen wieder fixiert werden und ihre Oberfläche durch Waldbedeckung andere landschaftliche Erscheinung erlangt.

Wenn die Gezeiten an Felsküsten selbst bei bedeutendem Gezeitenhub nur geringfügige landschaftliche Abwechslung hervorrufen, so sind sie dagegen, wie schon früher ausgeführt, bei Flachküsten unter Umständen von größtem landschaftlichen Ausschlag, denn hier schieben sich dann bei Ebbe zwischen das Blaugrün des Meeres und das Tiefgrün des Uferwaldes oder das hellere Grün der Rasenflächen oft weite Strecken von Schlamm und Sand in häßlichem Grau ein, auf denen wohl die gewundenen Kanäle des abfließenden Meerwassers, die Kriechspuren von Mollusken, Würmern und Krebsen, die Fußspuren von Wattvögeln, oder schlaff am Boden liegende Meerespflanzen u. dgl. einige Abwechslung schaffen, ohne jedoch den unschönen Eindruck dieser glücklicherweise rasch vergänglichen Flächen aufheben zu können. In den Tropen deckt freilich die schlammigen Ebbeflächen wenigstens stellenweise auch wohl ein eigenartiger Wald mitleidig zu, der amphibische Wald der Mangroven: in stinkigem Schlamm stehen die Stelzwurzeln dieser eigenartigen Bäume, deren breites, lederiges Laub mit dumpfem Grün das Ganze bedeckt; außer den Stelzwurzeln arbeiten aber zahlreiche, fast horizontal ausgreifende Wurzeln mit eigenartigen aufwärtsragenden Spornen (Atmungswurzeln) daran, die von Strömungen herbeigebrachten Sinkstoffe zum Absatz zu bringen und damit das Land zu mehren. Wo aber fester Korallenkalk oder reiner Kalksandboden sich ausbreitet, da vermögen die Mangroven nicht mehr Fuß zu fassen, und es freut sich das Auge, unmittelbar neben den düsteren, von jeder Siedelung gemiedenen

Mangrovewäldern in der Ebbezeit breite trockene Säume von weißglänzendem Sandstrand oder rauhem gelblichen Korallenriff zu sehen, an deren Rande schön geschwungene Stämme von Kokospalmen ihre prächtigen Wedel freundlich über niedrige malerische Eingeborenenhütten hinüberbeugen — ein Gegensatz wirksamster Art, wie er kaum je an anderen Küsten mit gleicher Kraft wiederkehrt!

Wenn schon die gewöhnlichen Gezeiten in ihren wechselnden Ausschlägen an Flachküsten bedeutsame landschaftliche Wandlungen bedingen, so ist das noch in weit höherem Grade bei Springfluten der Fall, besonders wenn sie noch durch Windstau und Sturm in ihren Wirkungen verstärkt sind. Mit furchtbarer Gewalt überschwemmen sie dann wohl weithin das feste Land, nagen an den natürlichen Dünengürteln oder den künstlichen Schutzdeichen und durchbrechen sie auch wohl, Verheerungen in fruchtbare Fluren tragend und den Schlamm des Meeres nach dem Rückzug allenthalben zurücklassend, sofern nicht, wie bei so mancher schweren historischen Sturmflut, das Meer Sieger bleibt und große Flächen Landes nun dauernd mit Wasser überdeckt. Und wenn schon die gewöhnlichen Gezeitenströme in Trichtermündungen von Flüssen eine gewisse Erosionswirkung ausüben, zum mindesten die Fahrrinne von Sinkstoffen rein halten, so können sie bei schweren Sturmfluten erst recht vertiefend wirken und gleichzeitig ihre Bahn landeinwärts, nach rückwärts verlängern.

Es wird ja, wie von Wind und fließendem Wasser, so auch vom Meer in Zeiten der Erregung, des Sturmes, die meiste Arbeit geleistet, und so wichtig die stille stetige Arbeit der Küstenströmungen und der Küstenversetzung einerseits und im entgegengesetzten Sinne die der Deltabildung auch ist, so fallen doch die gewaltsamen, die Landschaft plötzlich ändernden Eingriffe des Meeres durchaus den Zeiten des Sturmes zu. Wenn wir sehen, daß die Küstenbuchten teils im Wege des Ausgeräumtwerdens, teils in dem des Aufgefüllt- oder Abgeschlossenwerdens stehen, so ist das ebenso die Wirkung der langsamen stillen, wie der gewaltsamen stürmischen Arbeit der Kräfte des Meeres, ohne daß wir irgend welche dauernde Veränderung der Lage des Wasserspiegels annehmen müßten.

Welch mannigfaltige und landschaftlich wirksame Küstengestaltungen schaffen aber erst dauernde Niveauänderungen des

Meeresspiegels! Und wie reich sind namentlich die Landschaftsbilder von Senkungsküsten, wie Rias-, Fjord-, Schären-, Kanalküsten u. dgl.

Geradezu unerschöpflich aber ist die Mannigfaltigkeit der Landschaftsbilder, die sich aus der Verbindung der Küsten mit benachbarten konkordant und diskordant laufenden Kettengebirgen, angrenzenden Tafelgebirgen usf. ergeben, besonders wenn dazu noch die wechselnden Formeinwirkungen der äußeren Kräfte des Landes und Meeres und die Farbenwirkungen von nahem Eis und Schnee oder mehr oder weniger üppiger Vegetation mit ihren unendlich mannigfaltigen Gestalten hinzutreten! Dazu kommen aber noch die oft ungemein kräftig und entscheidend auf den Charakter der Landschaft einwirkenden Einflüsse des Menschen mit seinen Siedelungen verschiedenster Art und Größe von der einsamen Fischerhütte und dem weit vorgeschobenen Leuchtturm an bis zur gewaltigen Hafen- und Handelsstadt, deren Häusermassen breit in der Landschaft liegen und deren Schiffe mit geschwellten Segeln oder qualmenden Schornsteinen nach den fernsten Meeren auslaufen.

So sehen wir denn in der Küstenlandschaft ein ungemein vielgestaltiges Gebilde, in dem die unendliche Formenmannigfaltigkeit des festen Landes neben und über der einfachen Horizontalen des Wasserspiegels besonders klar und scharf hervortritt und damit die landschaftlich wirkungsvollsten Gegensätze erzeugt. Der geologische Bau der Landflächen zeigt sich landschaftlich oft unmittelbar in den tektonisch bedingten Küsten; sonst aber lassen Steilküsten oder kahle felsige Flachküsten oft wenigstens noch einen guten Einblick in den inneren Bau zu; aber Flachküsten sind im allgemeinen der Erkennbarkeit des geologischen Baues feindlich, da sie nur selten Felsboden zeigen, sondern meist aus Deckgebilden bestehen. —

Die prachtvollen Formen- und Farbengegensätze zwischen dem Land und ruhenden größeren Wasserflächen, die in den Küstenlandschaften so vielgestaltigen Ausdruck finden, tragen die Binnenseen in all ihrer Mannigfaltigkeit bis tief ins Herz der Kontinente hinein. Je nach der Art dieser Binnengewässer und ihrer Umgebung können so wahre Höhepunkte landschaftlicher Schönheit inmitten des festen Landes entstehen, wie denn auch zugleich die Gelegenheit geboten ist, die Arbeit des Meeres an den Küsten selbst im Binnenlande bis zu einem gewissen Grade zu beob-

achten, denn abgesehen von den Gezeiten, den großen Strömungen und dem Salzgehalt des Meeres besitzen die ruhenden Binnengewässer in abgeschwächtem Maße dieselben Arbeitsmöglichkeiten wie das Meer und schaffen daher auch unter Umständen ganz gleichartige Formen.

Daß aber Landschaften, in denen Wasser und Land zusammenwirken, sich im allgemeinen besonderer Schönheit erfreuen, liegt — neben den Farbenkontrasten — vor allem an der Gegensätzlichkeit beider Elemente, deren eines der Hauptvertreter der Horizontalen ist, während das andere die Fähigkeit starker Entwickelung der Vertikalen besitzt und gerade dann am meisten wirkt, wenn diese Eigenschaft am stärksten zum Ausdruck kommt — namentlich aber, wenn zugleich die Grenze zwischen beiden Elementen sich durch besonderen Schwung der Linienführung oder ausgesprochene Mannigfaltigkeit derselben auszeichnet.

Wenn wir nach all dem Gesagten nochmals fragen, welcher Art von Landschaft an sich — abgesehen von Beleuchtungswirkungen — wohl der Preis der Schönheit auf Erden zugesprochen werden könnte und wenn wir von jeder Art von Kleinbildern absehen, so dürfte die Antwort am ehesten dahin lauten, daß es die Landschaften sind, die wohlgegliederte kräftige Erhebungen und bedeutende Wasserflächen zugleich umfassen. Manche Verbindungen von Gebirge und Meer stellen vermöge ihrer außerordentlichen Mannigfaltigkeit der Formen und Farben in der Tat wahre Höhenpunkte landschaftlicher Schönheit dar, namentlich wenn von beherrschendem Höhenpunkte aus das Auge eine besonders große Fülle von Einzelbildern überblickt, wie etwa beim Anblick des Golfs von Neapel vom Vesuv oder Monte Solaro aus.

Nahe kommt dieser Landschaft an Schönheitswirkung das Gebirgsbild, in dem eine horizontale Nebel- oder Wolkenschicht unter dem Beschauer im hellen Sonnenschein sich ausbreitet, die Täler zu Buchten, die Vorberge zu Inseln dieses äolischen Meeres macht, das nur wegen der weißen bis grauen Farbe nicht ganz die Schönheitswirkung blauer Wassermassen erreichen kann. Aber auch große Ebenen schaffen in Verbindung mit dem Gebirge oft herrliche Landschaftsbilder mit reichster Abwechslung im einzelnen und nicht selten machen sie ebenfalls, von oben betrachtet, wegen der Betonung der Horizontalen einen meerartigen Eindruck, nament-

lich wenn gleichartige Vegetation (z. B. Wald, Steppe) oder geologische Bedeckung (Sand) ihr einen einheitlichen Farbenton verleiht.

Ein sehr hohes Maß von Mannigfaltigkeit der Formen und Farben bietet an sich noch in unzähligen Fällen das Gebirgsbild, sei es, daß die Farbengegensätze durch Kulturelemente hineingetragen werden, oder durch klimatische Gegensätze (Eis und Schnee, Matten, Wald, Feldflur) bewirkt werden, oder aber daß die Eigenfarben der geologischen Formationen sie (im Wüstenbilde vor allem) bedingen; aber es fehlt zur höchsten Bewertung die genügende Entwickelung der Horizontalen. In der Ebene und auf dem Meer dagegen fehlt die Abwechslung, wie sie die Entwickelung der vertikalen Dimension schaffen kann; andererseits aber konzentriert eben die alleinige Herrschaft der Horizontalen den Eindruck ungemein und gewöhnt das Auge und den Sinn an eine Weite der Horizonte und eine Größe der Raumauffassung, wie sie dem Gebirgsbewohner trotz seiner tatsächlich viel weiteren Sichtsmöglichkeiten zu fehlen pflegt. Trotz der Einförmigkeit des Gesichtsfeldes wird so eine Vertiefung der Eindrücke angebahnt, wie sie ähnlich auch dem an engste Horizonte gewohnten Urwaldbewohner eigen ist, und vermöge dieser erhöhten Innerlichkeit wirken kleinere intimere Reize dieser Gebiete mit einer Wucht, die das empfängliche Gemüt für die mangelnde Mannigfaltigkeit völlig entschädigt.

So tief sind diese intimen Eindrücke, daß oft auch die objektiv so viel reichere Mannigfaltigkeit der Gebirgslandschaft dem Ebenenbewohner unverständlich und fremd bleibt, und er unbedenklich der Ebene — freilich vor allem der heimatlich gewohnten Landschaft derselben — den Preis der Schönheit zusprechen würde.

Wohl wäre eine objektive ästhetische Untersuchung der landschaftlichen Schönheiten der einzelnen Erdgebiete und Zonen wünschenswert — eine Untersuchung, die freilich nur von einem geographisch und künstlerisch gleich gut geschulten Forscher erfolgreich durchgeführt werden könnte —, aber auch wenn sie vorläge, vermöchte sie gewiß die auf eigenes Empfinden gegründete vorgefaßte Meinung der einzelnen nicht zu beeinflussen, wie schon im Eingang dieser Schrift ausgeführt wurde, und wir dürfen wohl sagen, daß die Natur überall auf der Erde Schönheiten bietet für den, der sie zu schauen und empfinden versteht.

Sachregister.

Abendröte 92.
Absonderung 42 f.
Abspülung 67, 73, 110, 143, 145 f., 156, 164, 167.
Abtragung 51 ff., **65 ff.**, 143, 145, 153, 164 f., 179, 195.
— unter der Vegetationsdecke 69, 109, 143, 145.
Abtragungsformen 33, 100, 153, 158.
Abtragungsschutz 163.
Abwärtsrücken 143.
Alpenglühen 91.
Aschenvulkan 41.
Ästuar 51.
Atmosphäre 30, **87 ff.**
Aufgesetzte Ebene 44.
Aufschüttung 51 ff., **72 ff.**, 75.
Aufschüttungsformen 33, 137, 153, 158.
Ausblühungskrusten 135.
Ausbrüche 40.
Ausräumungsformen 33, 100, 153, 158.

Bergrücken 111, 144.
Bergsturz 165, 169.
Besonnung 62, 121, 127, 137, 163 f.
Binnensee 202.
Bishopscher Ring 89.
Blattverschiebung 44.
Blitz 10.
Bodden 198.
Bodenfließen 69, 109, 143.
Brandung 67, 190 f., 193, **196 ff.**
Brockengespenst 93.
Bruchstufe 44.
Bucht 196, 201.

Caldera 38.

Dämmerschein, erster 92.
Dämmerung 89, 92, 94.
Deckfalte 46.
Decke, vulkanische 41.
Deckgebilde 29 f., 72, 168 f., 196.
Delta 199, 201.
Doline 72, 164.
Düne 137, 158, 187, 200.
Dünung 190.

Ebbe 86, 200 f.
Ebene, aufgesetzte 44.
—, Schichtebene 43.
—, vulkanische 39.
Effloreszenzen 125.
Einebnungsfläche 53.
Eis 83, 164, **169 f.**, 197.
Eisbarrière 185, 187.
Eisberg 82, **190.**
Eistafel 82.
Eiszeit 152.
Endsee 136, 157.
Erosion des fließenden Wassers 70 ff., 135, 149 f., 153, 155, 156, 157, 167, 182.
Erosion des fließenden Eises **70 f.**, **167 f.**
— des Meeres 70, 196.
— des Windes **70**, 129, **130 f.**
Epeirogenetische Krustenbewegungen 34, **49 ff.**
Erdpyramide 169.
Erdoberfläche, feste 17.

Faltengebirge 178.
Faltung 46.
Farben 3, 12, 20 ff., **90 ff.**, 137 ff., 184.
Fata morgana 93, 140.
Felsküste 197.
Felsterrasse 149.
Firn 32, 80, 178, 187.
Fjord 51, 87.
Flächenspülung 125.
Flachküste 86, **198 f.**
Flachschichtung 43, 148, 179.
Flechten 23, 177.
Fleck, klarer 92.
Flexurbruch 45.
Flexurstufe 45.
Fließhang 181.
Flußeis 83.
Flußterrasse 152.
Flut 86.
Frane 142.
Frost 62, **101**, 144, 154, 180, 184.
Frostgrenze 101.
Frosthügelchen 174, 182.

Frostverwitterung unter der Vegetationsdecke 144 f.

Gemäßigte Zone: humide (immerfeuchte) Landschaft 102, 140 f., **142 ff.**
—, semiaride bis aride Landschaft 102, **154 ff.**
—, winterfeuchte (subtropische) Landschaft 141 f.
Gemischter Vulkankegel 42.
Geosynklinale 48, 54.
Gesteinsdurchlässigkeit 48, 54.
Gesteinsgitter 151.
Gesteinshärte 55.
Geyser 97.
Gezeiten 17, 86, 196, **200 f.**
Gezeitenströme 201.
Glazialerosion **70 f.**, **167 f.**
Glazialformen 168, 173, 182, 184.
Glazialgebilde 152.
Glaziallandschaft 87.
Gletscher 81, 165, 170 f., 175.
Gletscherbruch 165.
Gletschereis 32, **70**, 73, 81.
Gletscherkappe 81.
Gletscherspalten 186 f.
Grabenbruch 45.
Großbild 10.
Grundformen 32, 33 ff.
—, tektonische 43 ff.
—, vulkanische 34 ff.
Grundgerüste 28.

Hagel 96.
Halbwüste 124, **125**, 179 f.
Hamâda 129.
Hängegletscher 81, 175, 178.
Hebung, säkulare 49, 86.
Heterogene Landschaft 61.
Himmelsgewölbe 18.
Hochgebirge 102, 153, **161 ff.**
Horizont 18.
Horst 45.
Hüllgebilde 30 f., 87 ff.

Inlandeis 82, 175, 184, **185 ff.**
Inselberg 123, 125, 130.
Insolation 62, 121, 127, 137, 163 f.

Jahreszeiten 15 f., 142, 144, 153.

Kalkkrusten 125.
Kämme 111.
Kanalküste 87.
Kar 168 f., 175, 178.
Karren 150, 164.
Karst 72.
Keilschollenberg 45.
Kesselbruch 45.
Kettung 47.
Kleinbild 10.
Kliff 197.
Klima 56, 60.
Klimaänderungen 17.
Klüftung 55.
Korallen 192 ff.
Koralleninsel 194.
Korallenriff 193 f.
Kriechen 69, 143, 156.
Krustenbewegungen, epeirogenetische 34, **49 ff.**
Kulturlandschaft 27, 118, 172, 202.
Kulturtrübung 94.
Kuppelberg 46.
Küste 85, 188 ff., **196 ff.**
Küstenlandschaft 102 f., 188 ff.
Küstenströmung 67, 198, 200 f.
Küstenversetzung 67, 198, 200 f.

Landschaftsbild **1 ff.**, 203 f.
Landschaftselemente 19 ff.
Landschwelle 45.
Landstufe 44.
Lavadecke 39.
Lavaebene 38.
Lavastrom 39, 173.
Lavavulkan 38.
Lawine 81, 165.
Leuchtende Nachtwolken 89.
Lichtquellen 10.
Liman 51, 87.
Lockerausbrüche 40.
Lockervulkan 41.
Lösung 150, 164.
Löß 149, 152, 158 f., 174.
—, vulkanischer 159.
Luft 30 f., 32, **87 ff.**
Luftlandschaft 89.
Luftspiegelung 93.

Maar 37.
Macchie 141.
Magma 34 ff.
Mangrove 200.
Maquis 141.
Meer 73, **83 ff.**, **188 ff.**
Meereis 83, 190.
Meereslandschaft 188 ff.
Mensch 26 ff., 147, 202.
Mittelgebirge 153, 162.
Mittelmeerlandschaft 141.
Mond 10.
Mondhof 92, 94.
Moose 23, 177.

Moräne 168 f., 173, 176, 185, 187.
Morgenrot 92.
Muhre 165.

Nachglühen 92.
Nachtwolken, leuchtende 89.
Nebel 31, 93, 95, 188, 189.
Nebelbild 93.
Nebensonne 92, 94.
Nehrung 198.
Neuling 137.
Niveauveränderung 201 f.
Nunataker 82, 175, 185 f.

Peneplain 53.
Pflanzenwelt 20 ff.
Plateaugletscher 82, 175.
Plateau, vulkanisches 39.
Platzregen in der Wüste 134.
Polarlandschaft 102, 171, **177 ff.**
Polarlicht 10, **88.**
Polygonboden 181.
Primäre Strukturformen 32, **33 ff.**
Purpurfleck 92.

Quellsee 136.

Rasenabschälung 174.
Raumbeziehungen 58 f.
Regen 96.
Regenbogen 93.
Regenwasser 67.
Ria 51, 87.
Ringe um die Sonne 92, 94.
Rippelmarken 137.
Rückengebirge 39.
Rundhöcker 173.
Rutschen 147, 148.
Rutschung 104, 111, 142 ff., 176, 195.

Sandhaken 198.
Sandsturm 132, 200.
Sattelgebirge 46.
Schären 87.
Scharung 47.
Schatten 91.
Schelfeis 82, 185 ff.
Schichtebene 43.
Schichtflut 125.
Schildgletscher 82, 175.
Schildvulkan 38.
Schlackenvulkan 41.
Schlammströmchen 182.
Schlammströme, vulkanische 67.
Schmelzwasserflüsse 186.
Schmelzwasserlöcher 187.
Schmelzwasserseen 186.
Schnee 32, **77 ff.**, 96, 155, 164, **169 f.**, 185.
Schneefleckenregion 79 f.
Schneegrenze 164.
Schneeschmelzwasser 67.
Schutthalden 72.
Schuttkegel 168.
Schutzeinrichtungen 59.
Schweißschlackengebilde 40.
Schwerkraft 65, 70, 72, 121, 167.
See 83 ff., 169, 202.
Seeeis 83.
Seelandschaft 188.
Segment, dunkles 92.
Sekundäre Strukturformen 33.
Senkungen, säkulare 49, 86.
Sicheldüne 137.
Sonne 10.
Spaltenfrost 137, 164.
Springflut 201.
Staffelbruchland 45.
Staukuppe 38 f.
Steilküste 86, **196 ff.**
Steingärtchen 181 f.
Steinreihen 181 f.
Steinschlag 164.
Sterne 10.
Sternschnuppen 88.
Stil der Oberflächenformen 60.
Strahlenbündel 91.
Strandlinien 86.
Strandterrassen 86, 197.
Stratosphäre 88.
Stratovulkan 42.
Strukturformen, eruptive 34 ff.
—, primäre 32, **33 ff.**
—, sekundäre 33.
—, tektonische 43 ff.
Stufenlandschaft 44, **147 ff.**
Stürme 96, 132, 159 f., **197**, 200, 201.
Subpolarlandschaft 102, **172 ff.**
Sumpf 83 ff., 177.

Tafelland 43.
Tafelschollen 45.
Tageshelle, allgemeine 90.
Talebene 169.
Talgletscher 81, 175, 178.
Talterrasse 169.
Talwasserscheide 149.
Terrassen 50, 148, 152, 194.
—, künstliche 150.
Thufa (Frosthügelchen) 174.
Tierkreislicht 89.
Tierwelt 24 f.
Torfmoor 177.

Treibeis 83.
Trogtal 168.
Tropen, immerfeuchte 102, **103 ff.**
—, periodisch feuchte 102, **115 ff.**
Tröpfchenkegel 40.
Troposphäre 88.
Trübung 31.
Tuffvulkan 41.

Überschiebung 46 f.
Unharmonische Landschaft 61.
Unterseeische Landschaft 191.
Urformen 32, **33 ff.**

Vegetation 59, 112.
Vegetationsdecke 59.
Vegetationsgürtel 171 f.
Vegetationsschutz 67 ff., 112, 125, 143, 176.
Vegetationswurzelfilz 145.
Veränderlichkeit der Landschaft 9 ff.
Verbiegungen, weiträumige 34, 50.
Verbiegungsstufe 45.
Verwitterung 56 f., 61, 107, 122, 143, 155 f., 164.
—, chemische 56 f., 62, 154 f., 164.
—, — von außen her 63.
—, — von innen heraus 63, 137.
—, einfache 63.
—, komplizierte 63 f.
—, mechanische 62.
Verwerfung 44.
Virgation 47.
Vorland 47.
Vulkane 38, 41, 42, 99, 103, 113, 122, 130, 151, 165.
Vulkanische Ausbrüche 37, **97.**
Vulkanische Tätigkeit 54.

Wald 103 ff., 118, 141, 142 f., 162, 177.
Waldgrenze 162.
Waldkleid 147.
Wasser 32, 73, **83 ff.**, **188 ff.**
Wasserdampf 94 f.
Wasserdurchlässigkeit 56.
Wellen 190.
Wetterleuchten 11.
Wettersphäre 88.
Wind 66 f., 70, 73, 127, 156 f., 160, 163 ff., 167, 174.
Winderosion 70, **129 ff.**
Wolken 32.
Wüste 75, 102, 124, **126 ff.** (163), 171, 174, 179 f.

Zertalung 137.
Zodiakallicht 89.

Berichtigung.

S. 149, Anmerkung 1): Les formes du terrain. Paris.
S. 167, Zeile 13: einzelne statt einzelner.
S. 186, Zeile 23: ausgesprochene statt ausgesprochener.
S. 191, Zeile 3: hindern statt hindert.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig

Die Wissenschaft

Sammlung von Einzeldarstellungen aus den Gebieten der Naturwissenschaft und der Technik

1. Curie, Mme. S., **Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen.** Übersetzt und mit Literatur-Ergänzungen versehen von W. Kaufmann. Mit Abbildungen. 3. Aufl. 1904. Preis geh. 3 ℳ, geb. 3,80 ℳ.

2. Schmidt, Prof. Dr. G. C., **Die Kathodenstrahlen.** 2. verb. und verm. Auflage. Mit 50 Abbildungen. 1907. Preis geh. 3 ℳ, geb. 3,60 ℳ.

3. Thomson, Professor Dr. J. J., **Elektrizität und Materie.** 2. verb. Aufl. Autorisierte Übersetzung von G. Siebert. Mit 21 Abb. 1909. Preis geh. 3 ℳ, geb. 3,60 ℳ.

4. Freiherr von und zu Aufsess, Dr. Otto, **Die physikalischen Eigenschaften der Seen.** Mit 36 Abbildungen. 1905. Preis geh. 3 ℳ, geb. 3,60 ℳ.

5. Frölich, Dr. O., **Die Entwickelung der elektrischen Messungen.** Mit 124 Abbildungen. 1905. Preis geh. 6 ℳ, geb. 6.80 ℳ.

6. Ritter von Geitler, Prof. Dr. Josef, **Elektromagnetische Schwingungen und Wellen.** Mit 86 Abbild. 1905. Preis geh. 4,50 ℳ, geb. 5,20 ℳ.

7. Baumhauer, Prof. Dr. H., **Die neuere Entwickelung der Kristallographie.** Mit 46 Abbildungen. 1905. Preis geh. 4 ℳ, geb. 4,60 ℳ.

8. Werner, Prof. Dr. A., **Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie.** 3. durchgesehene und vermehrte Auflage. 1913. Preis geh. 11 ℳ, geb. 12 ℳ.

9. Faust, Dr. Edwin Stanton, **Die tierischen Gifte.** 1906. Preis geh. 6 ℳ, geb. 6,80 ℳ.

10. Lipps, Dr. G. F., **Die psychischen Maßmethoden.** Mit 6 Abbildungen. 1906. Preis geh. 3,50 ℳ, geb. 4,10 ℳ.

11. Kobold, Prof. Dr. Hermann, **Der Bau des Fixsternsystems mit besonderer Berücksichtigung der photometrischen Resultate.** Mit 19 Abbild. und 3 Tafeln. 1906. Preis geh. 6,50 ℳ, geb. 7,30 ℳ.

12. Jäger, Prof. Dr. G., **Die Fortschritte der kinetischen Gastheorie.** Mit 8 Abbildungen. 1906. Preis geh. 3,50 ℳ, geb. 4,10 ℳ.

13. Doelter, Prof. Dr. C., **Petrogenesis.** 1 Lichtdrucktafel und 5 Abbild. 1906. Preis geh. 7 ℳ, geb. 7,80 ℳ.

14. Donath, Dr. B., **Die Grundlagen der Farbenphotographie.** Mit 35 Abbildungen und 1 farb. Ausschlagtafel. 1906. Preis geh. 5 ℳ, geb. 5.80 ℳ.

3000. I. 17.

15. v. Knebel, Dr. phil. Walther, **Höhlenkunde, mit Berücksichtigung der Karstphänomene.** Mit 42 Abbildungen im Text und auf 4 Tafeln. 1906. Preis geh. 5,50 ℳ, geb. 6,30 ℳ.

16. Geinitz, Prof. Dr. F. E., **Die Eiszeit.** Mit 25 Abbildungen im Text, 3 farbigen Tafeln und einer Tabelle. 1906. Preis geh. 7 ℳ, geb. 7,80 ℳ.

17. Gehrcke, Dr. E., **Die Anwendung der Interferenzen in der Spektroskopie und Metrologie.** Mit 73 Abbild. 1906. Preis geh. 5,50 ℳ, geb. 6,20 ℳ.

18. Fischer, Prof. Dr. Otto, **Kinematik organischer Gelenke.** Mit 77 Abbild. 1907. Preis geh. 8 ℳ, geb. 9 ℳ.

19. Wangerin, Prof. Dr. A., **Franz Neumann und sein Wirken als Forscher und Lehrer.** Mit 1 Textfigur u. 1 Bildnis Neumanns in Heliogravüre. 1907. Preis geh. 5,50 ℳ, geb. 6,20 ℳ.

20. Kuenen, Prof. Dr. J. P., **Die Zustandsgleichung der Gase und Flüssigkeiten und die Kontinuitätstheorie.** Mit 9 eingedr. Abbildungen. 1907. Preis geh. 6,50 ℳ, geb. 7,10 ℳ.

21. Rutherford, Prof. E., **Radioaktive Umwandlungen.** Übers. von M. Levin. Mit 53 Abbildungen. 1907. Preis geh. 8 ℳ, geb. 8,60 ℳ.

22. König, Prof. Dr. E., **Kant und die Naturwissenschaft.** 1907. Preis geh. 6 ℳ, geb. 7 ℳ.

23. Schmidt, Prof. Dr. Julius, **Synthetisch-organische Chemie der Neuzeit.** 1908. Preis geh. 5,50 ℳ, geb. 6,20 ℳ.

24. Sackur, Dr. Otto, **Die chemische Affinität und ihre Messung.** Mit 5 Abbildungen im Text. 1908. Preis geh. 4 ℳ, geb. 4,80 ℳ.

25. Thomson, Prof. Dr. J. J., **Die Korpuskulartheorie der Materie.** Autoris. Übersetzung von G. Siebert. Mit 29 Abbildungen. 1908. Preis geh. 5 ℳ, geb. 5,80 ℳ.

26. Vageler, Dr. P., **Die Bindung des atmosphärischen Stickstoffs in Natur und Technik.** Mit 16 Abbild. im Text und auf 5 Tafeln. 1908. Preis geh. 4,50 ℳ, geb. 5,20 ℳ.

27. Messerschmitt, Prof. Dr. Joh. Bapt., **Die Schwerebestimmung an der Erdoberfläche.** Mit 25 Abbild. 1908. Preis geh. 5 ℳ, geb. 5,80 ℳ.

28. Bjerknes, Prof. V., **Die Kraftfelder.** Mit 29 Abbildungen. 1909. Preis geh. 7 ℳ, geb. 7,80 ℳ.

29. Gutzmann, Prof. Dr. Hermann, **Physiologie der Stimme und Sprache.** Mit 92 zum Teil farbigen Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. 1909. Preis geh. 8 ℳ, geb. 9 ℳ.

30. Mache, Prof. H., und Prof. E. v. Schweidler, **Die atmosphärische Elektrizität.** Methoden und Ergebnisse der modernen luftelektrischen Forschung. Mit 20 Abbildungen. 1909. Preis geh. 6 ℳ, geb. 6,80 ℳ.

31. **Eckardt**, Dr. Wilh. R., **Das Klimaproblem der geolog. Vergangenheit und historischen Gegenwart.** Mit 18 Abbildungen im Text und 4 Karten. 1909. Preis geh. 6,50 ℳ, geb. 7,10 ℳ.

32. **Jesionek**, Prof. Dr. A., **Lichtbiologie.** Die experimentellen Grundlagen der modernen Lichtbehandlung. 1910. Preis geh. 4 ℳ, geb. 4,80 ℳ.

33. **Dessau**, Prof. Dr. Bernh., **Die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Legierungen.** Mit 82 Abbildungen im Text und auf 3 Tafeln. 1910. Preis geh. 7 ℳ, geb. 8 ℳ.

34. **Pohl**, Dr. Robert, **Die elektrische Fernübertragung von Bildern.** Mit 25 Abbildungen. 1910. Preis geh. 1,80 ℳ, geb. 2,50 ℳ.

35. **Baedeker**, Prof. Dr. K., **Die elektrischen Erscheinungen in metallischen Leitern.** (Leitung, Thermoelektrizität, Galvanomagnetische Effekte, Optik). Mit 25 Abbildungen. 1911. Preis geh. 4 ℳ, geb. 4,80 ℳ.

36. **Scheel**, Prof. Dr. K., **Grundlagen der prakt. Metronomie.** Mit 39 Abbild. 1911. Preis geh. 5,20 ℳ, geb. 6 ℳ.

37. **Günther**, Prof. Dr. S., **Vergleichende Mond- und Erdkunde.** Mit 23 Abbild. und 4 Tafeln. 1911. Preis geh. 5 ℳ, geb. 5,80 ℳ.

38. **Laue**, Dr. M., **Das Relativitätsprinzip.** 2. Auflage. Mit 22 Abbildungen. 1913. Preis geh. 8 ℳ, geb. 8,80 ℳ.

39. **Müller**, Aloys, **Das Problem des absoluten Raumes und seine Beziehung zum allgemeinen Raumproblem.** 1911. Preis geh. 4 ℳ, geb. 4,80 ℳ.

40. **Schmidt**, Ingenieur Fritz, **Die Leuchtgaserzeugung und die moderne Gasbeleuchtung.** Mit 63 Abbild. 1912. Preis geh. 2,50 ℳ, geb. 3,20 ℳ.

41. **Lodge**, Sir Oliver, **Der Weltäther.** Deutsch von H. Barkhausen. Mit 17 Abbild. im Text und 1 Tafel. 1911. Preis geh. 3 ℳ, geb. 3,60 ℳ.

42. **Lampa**, Professor Dr. Anton, **Wechselstrom-Versuche.** Mit 54 Abbild. 1911. Preis geh. 5 ℳ, geb. 5,80 ℳ.

43. **Markau**, Dr. K., **Die Telephonie ohne Draht.** Mit 103 Abbildungen. 1912. Preis geh. 4,50 ℳ, geb. 5,20 ℳ.

44. **Bernstein**, Professor Dr. Julius, **Elektrobiologie.** Die Lehre von den elektrischen Vorgängen im Organismus auf moderner Grundlage dargestellt. Mit 62 Abbildungen. 1912. Preis geh. 6 ℳ, geb. 6,80 ℳ.

45. **Pohl**, Dr. Robert, **Die Physik der Röntgenstrahlen.** Mit 72 Abbild. im Text und auf 1 Tafel. 1912. Preis geh. 5 ℳ, geb. 5,80 ℳ.

46. **Martens**, Prof. Dr. F. F., **Physikalische Grundlagen der Elektrotechnik.** Erster Band: Eigenschaften des magnetischen und elektrischen Feldes. Mit 253 Abbildungen. 1912. Preis geh. 7,20 ℳ, geb. 8 ℳ.

47. **Jacobi**, Prof. Dr. Arnold, **Mimikry und verwandte Erscheinungen.** Mit 31 zum Teil farb. Abbildungen. 1913. Preis geh. 8 ℳ, geb. 8,80 ℳ.

48. **Meyer**, Kirstine, **Die Entwickelung des Temperaturbegriffs im Lauf Zeiten, sowie dessen Zusammenhang mit den wechselnden Vorstell von der Natur der Wärme.** Aus dem Dänischen übersetzt von gard Kolde und mit einem Vorwort von E. Wiedemann. 21 Abbildungen. 1913. Preis geh. 4 ℳ, geb. 4,8

49. **Konen**, Prof. Dr. H., **Das Leuchten der Gase und Dämpfe mit beson Berücksichtigung der Gesetzmäßigkeiten in Spektren.** Mit 33 Abbildu im Text und 1 Tafel. 1913. Preis geh. 12,50 ℳ, geb. 13,5

50. **Drude**, Prof. Dr. O., **Die Ökologie der Pflanzen.** Mit 80 eingedru Abbildungen. 1913. Preis geh. 10 ℳ, geb.

51. **Bauer**, Dr. Hugo, **Der heutige Stand der Synthese von Pflanzenalkal** 1913. Preis geh. 4,50 ℳ, geb. 5,

52. **de Haas-Lorentz**, Dr. G. L., **Die Brownsche Bewegung und einige wandte Erscheinungen.** Von der Verfasserin ins Deutsche über 1913. Preis geh. 3,50 ℳ, geb. 4,

53. **Rosenthal**, Prof. Dr. Werner, **Die tierische Immunität.** Mit einer Abbil im Text. 1914. Preis geh. 6,50 ℳ, geb. 7,2

54. **Study**, Prof. Dr. E., **Die realistische Weltansicht und die Lehre Raume.** Geometrie, Anschauung und Erfahrung. 1914. Preis geh. 4,50 ℳ, geb. 5,2

55. **Martens**, Dr. F. F., **Physikalische Grundlagen der Elektrotechnik.** Zw Band: Dynamomaschinen, Transformatoren und Apparate für drah Telegraphie. Mit 289 Abbild. 1915. Preis geh. 12,80 ℳ, geb. 14,—

56. **Timerding**, H. E., **Die Analyse des Zufalls.** Mit 10 Abbildungen. Preis geh. 5,— ℳ, geb. 5,8

57. **Lipschütz**, Alexander, **Allgemeine Physiologie des Todes.** Mit 38 Ab 1915. Preis geh. 6,— ℳ, geb. 6,80

58. **von Linden**, Prof. Dr. Gräfin, **Parasitismus im Tierreich.** Mit 102 Abl und 7 Tafeln. 1915. Preis geh. 8,— ℳ, geb. 9,—

59. **Jänecke**, Prof. Dr. Ernst, **Die Entstehung der deutschen Kalisalzlager.** 24 Abbildungen. 1915. Preis geh. 4,— ℳ, geb. 4,80

60. **Wegener**, Prof. Dr. Alfred, **Wind- und Wasserhosen in Europa.** 1 Titelbild u. 85 Abbildungen. 1917. Preis geh. 12,— ℳ, geb. 13,60

61. **Sapper**, Prof. Dr. Karl, **Geologischer Bau und Landschaftsbild.** Mit bildungen. Erscheint Frühjahr 1917.

Weitere Bände befinden sich in Vorbereitung.